

حسن مصطفى عبادي
مؤلف « مبادئ علم الفلك العملي الحديث »

مبادئ علم الفلك العملي الحديث

تأليف

كبير مفتي الهندسة
مفتي الأمانة العامة
مفتي الهندسة العامة

بكالوريوس في العلوم

درجة امتياز شرف في الهندسة المدنية

مهندس ملكي بقرار مجلس وزراء بريطانيا

عضو منتخب جمعية المهندسين الملكيين (لندن)

عضو (دائم) بجمعية المهندسين الملكيين (باريس)

حائز ميدالية امتياز (رسالة التنبؤ حالة عن النيل عند انخفاضه)

عضو (ممتاز) بجمعية العلماء والمختبرين (باريس)

الجزء الأول

حقوق الطبع محفوظة

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

١٣٥٠ - ١٩٣١

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وما توفيقى إلا بالله عليه توكلت وإليه أنيب

اللهم بنورك اهتديت وبقدرتك استعنت وعلى قوتك اعتمدت وبوحيك
 كتبت وما أوتيت من العلم إلا قليلا وقل رب زدنى علما
 سبحان من جعل لنا فى طلوع الشمس وغروبها آية وفى انقلاب الليل والنهار
 خبير هداية وفى بزوغ النجوم ودوران الفلك حكمة يدق ادراكها على العقل السليم .
 أحمده وأشكره وأستعين به وأستلهمه التوفيق أنه هو الحكيم العليم (وبعد) فكل
 شئ فى الوجود ينطق بعظمة الخالق ويشهد ببارع تنظيمه وتقديره وبديع تكمينه
 فمن آياته أن جعل لنا النجوم لتهتدى بها فى ظلمات البر والبحر وجعل الشمس
 تجري مستقر لها وقدر للقمر منازل وألقى فى الأرض رواسى أن تمد بكم
 « وترى الجبال تحسبها جامدة وهى تمر مر السحاب صنع الله الذى أتقن كل
 شئ » وهذه آياته الينيات تحفز الشعور وتحرك كامن الاحساس وتدعو الى التسبيح
 بحمد الخالق، فجعلت مظهر تسبيحى وشكرى وانحنائى أمام دقة مهندس الكون
 الأعظم أن أذيع بياناً صغيراً عن سر ناحية من النواحي الدقيقة فى العمران تلك
 هى ناحية « الفلك العملى » .

وعلم الفلك ليس وليد المصور الحديثة بل هو علم أزل عرّفه قدماء المصريين
 — واليونان القدماء ولم يخف على العرب فى بداوتهم ولكنه تطور تطوراً محسوساً
 فى الأيام الأخيرة وأخرجت المدرسة الحديثة الألمانية آراء عملية كانت مستورة فئات
 إلى الانكليزية والفرنسية واللغات الأخرى .

كما أنه لم يعرف التلث السكرى إلا عن جوس Gauss فى كتابه المشهور
 الذى طبع سنة ١٨٠٩ م وهو الذى نقل عنه الدكتور بول — حجة الصحارى

المصرية — أحسن طريقة لايجاد خط العرض في الصحارى المصرية في القرن العشرين (أنظر فصل خط العرض في الجزء الثانى)

ولم يرد وصف المثلث الكرى في الانكليزية حتى طبع الاستاذ شفوניה Chauvenet كتابه سنة ١٨٥٠ في حساب المثلثات المستوية والكبرى .

ولقد نهلت هذه المعلومات من تعليمى بجامعة أدنبره باسكتلندة وعن الاستاذ السير (هلسن بير) وتلاعن المصادر الالمانية والامريكية ومن مذكراتى في الفلك ولقد توخيت في كتابى هذا السهولة ليفهمه الدارس المبتدىء والمساح البسيط والضابط الملاح في البحر والهواء والمهندس الكبير .

ولا يفوتنى أن أترحم على أول من بذر بذور هذا العلم في مصر وكان موقفاً في غزو مجاهله وغامض متونه « المغفور له ^{عليه السلام} محمد باشا الفلكى »

كما أقدم خالص شكرى وتقديرى لمجلة الهندسة المحترمة التى وسعت لى صدرها لأنشر بين دفتها عصارة أحمدة الفلكيين

وأجد نفسى مقصراً فى ثنائى على الجهود الذى قام به صديقى وزميلى الفاضل محمود افندى احمد وكيل حفظ الآثار العربية بوزارة الاوقاف فى تنقيح الطبع ومراجعته وفى ختام هذه المجالة لايسعنى إلا أن أشيد بذكر ذلك الرجل الكبير المتواضع نصير العلم وخادمه « حضرة صاحب العزة محمود بك حنفى مدير عام مصلحة المساحة المصرية » فهو الذى شجعتنى على القيام بهذا العمل .

« وأن ليس للانسان إلا ما سعى ، وأن سعيه سوف يرى ، ثم يجزاه الجزاء الأوفى — وأن إلى ربك المنتهى » .. النجم

مصر الجديدة فى نوفمبر سنة ١٩٣١ حسن مصطفى عبادى

الفصل الأول

الارصاد الفلكية العملية

هى التى تعين الانسان على تعيين النقط على سطح الكرة الأرضية وهى الضابطة لخطوط وتقط للساحة وتنحصر فى إيجاد

(١) خط العرض Latitude

(٢) الوقت Time

(٣) خط الطول Longitude

(٤) الانحراف عن خط الشمال Azimuth

وذلك بالرصد أى بمقاس اتجاهات الشمس والقمر والنجوم والأجرام الأخرى السماوية بصرف النظر عن بعدها وحركتها وخواصها الطيفية اذ تعتبر انها أجسام مرئية ذات مواقع معروفة يمكن عمل المقاسات بالنسبة لها

المصطلحات الفلكية

Celestial Sphere الكرة السماوية

يمكننا اعتبار جميع الأجرام السماوية واقعة على سطح كرة وهمية مركزها عين الراصد (الناظر) ونصف قطرها بلا نهاية والواقع الظاهرى لأى جرم على

الكرة السماوية يمكن تعيينه بخط يوصل النظر بالجزم وبامتداده الى أن يلتقى بالكرة السماوية الوهمية وبذا يمكن حل جميع للسائل التي تشمل مقاس الزوايا المحصورة بين النقط في الفراغ السماوى والزوايا المحصورة بين سطحين أو أكثر وتتم بمركز الكرة السماوية وذلك بتطبيق معادلات المثلثات الكروية

Apparent Motion of the Celestial Sphere الحركة الظاهرية للكرة السماوية

يجد الناظر الى السماء ليلا ساعات متواصلة أن نجومها تشرق ظاهراً من الشرق وتغرب ظاهراً في الغرب والاتجاه الى الشمال السماوى وهى نقطة معروفة بالقطب يتلاحظ أنها فى حركتها من الشروق الى الغروب ترسم أقواساً من دوائر كبيرة فيما يقع منها عند خط الاستواء وتضغر هذه الدوائر الى أن تتلاشى فيما يقع منها عند القطب ومعنى ذلك أن حركة الكرة السماوية تدور حول محور مار بالقطبين السماويين والحقيقة أن هذه الحركة الظاهرية ناشئة من حركة الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق بعكس الحركة الظاهرية للناظر الى النجوم فمن راقب سفينة سائرة من الغرب الى الشرق محاذية للشاطئ ظهر له الشاطئ سائراً من الغرب الى الشرق ولا يشعر بسير السفينة فى الاتجاه المضاد وكذا يظهر للراكب قطاراً ماراً من الغرب الى الشرق بأن أعمدة التلغراف الموازية للسكة الحديدية تسير من الشرق الى الغرب

Motion of Planets حركة الكواكب

للناظر الى المجموعة الشمسية من نقطة بعيدة خارجها من الشمال نحو الجنوب يرى الكواكب والأرض تدور حول (تسبح) الشمس فى أشكال بيضية (دائرة قطع ناقص Elliptic Orbits) تقرب فى شكلها من المائى وحركتها فى اتجاه مخالف لعقربى الساعة أى أنها تدور الى اليسار والأرض تدور حول محورها

مرة في اليوم في اتجاه مخاف معربى ساعة والقمر يرسم حول الأرض طريقاً لا يقرب من الدائرى ولكنه مخالف لدوران عقربى الساعة والكرة السماوية بنجومها وكواكبها وشمسها وقرها كأنها تدور في اليوم مرة حول الأرض في اتجاه عقربى الساعة

والنجوم لبطء حركتها وتغير مواقعها تظهر كأنها ثابتة على الكرة السماوية بينما تتغير المواقع الظاهرة للأجرام الأخرى في المجموعة الشمسية بسرعة بين النجوم ولذا سميت النجوم بالثوابت تمييزاً لها عن السيارات

حركة الشمس

تتحرك الشمس ببطء اذ تنتقل نحو (١°) درجة في اليوم شرقاً بين النجوم وتتم دورتها حول الأرض في سنة

حركة القمر

يتحرك القمر شرقاً بين النجوم أسرع من الشمس فيقطع مقدار قطره في ساعة ويتم دورته في شهر قمرى

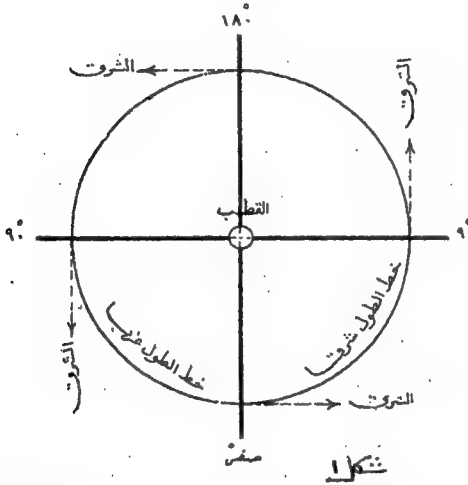
حركة الكواكب كمجموعة بين النجوم

كلها تتحرك شرقاً بين النجوم ولكن بما أننا على سطح متحرك فالحركة الظاهرية لنا تتكون من حركة حقيقية للكواكب حول الشمس وحركة ظاهرية ناشئة من دوران الأرض حول الشمس ولذا ترى الكواكب في وقت ما تتحرك غرباً أعني تنقلب حركتها الى حركة رجعية

معنى الشرق والغرب

معناها فلكياً هو بخلاف معناها المعروف عند تطبيق الاتجاهات الواقعة على سطح واحد كما هي الحالة في أعمال المساحة ومعناها الفلكى هو الاتجاهان

العموديات على سطح خط الزوال Longitude or Meridian في الكروي
شكل ١ تجد أن اتجاه الواقف عند غرينتش Greenwich أساس خط الطول
(أى صفر) هو عكس الواقف شرقاً على بعد 180° درجة منه
فيستنتج من هذا ومن الشكل بأن الشرق والغرب معناهما اتجاه الدوران



Earth's Orbital Motion دائرة البروج أو حركة الأرض الفلكية حول الشمس

تتحرك الأرض شرقاً حول الشمس مرة في السنة في مستوى شكله قطع

ناقص Ellipse وتقع الشمس في احدى بؤرتيه Focus

قانون العالم كبلر عن مسطحها تقطعه الأرض في أوقات معينة Kepler's law

بما أن الأرض تبقى في موقعها بحكم الجاذبية فانخط الموصل الشمس بالأرض

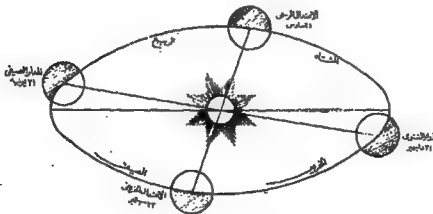
يقطع مساحات متساوية من سطح القطع الناقص للمجموعة الشمسية في أوقات متساوية
سطح خط الاستواء الأرضي مائل على سطح دائرة البروج بمقدار $23\frac{1}{2}^\circ$
درجة تقريباً

وتنقسم دائرة البروج الى (١٢) قسماً أو برجاً كل برج (30°) تقريباً ومن
الابراج (٦) واقعة شمال خط الاستواء وهي حمل ، ثور ، جوزاء ، سرطان ،
أسد ، سنبله و (٦) واقعة جنوب خط الاستواء السماوي وهي ميزان ، عقرب ،
رامي ، جدى ، دلو ، حوتين

تكوين الفصول Seasons

مخور حركة الأرض ثابت ولذا يتجه لنفس الاتجاه في السماء السنة عقب
السنة وينشأ اختلاف الفصول من ميل المحور ومن الحقيقة بأن المحور يبقى موازياً
لنفسه فعندما تكون الأرض في ذلك الجزء من دائرة البروج ونصفها الشمالى من
المحور في اتجاه مضاد للشمس فعندئذ يكون فصل الشتاء في النصف الشمالى
من الكرة الأرضية وتظهر الشمس عند — أقصى مداها جنوباً في ٢١ ديسمبر
وفي ذلك الوقت يكون النهار قصيراً والليل طويلاً وتظهر الشمس في أقصى مداها

تكوين الفصول



شكل ٢

شمالا في ٢١ يونيه وهو مبدأ فصل الصيف في النصف الشمالى من الكرة وفيه النهار يطول والليل يقصر .

وفي ٢١ مارس و ٢٢ سبتمبر يتساوى الليل والنهار عند الاعتدالين .

. Equinoxes

المصطلحات الفلكية - النقط والدوائر الأساسية

المصطلحات الآتية هي المستعملة عادة في الاعمال الفلكية العملية وهي الضرورية لتحديد موضع الفلك السماوى على الكرة السماوية بواسطة الاحداثيات الكروية (Spherical Coordinates)

خطوط العرض

هى دوائر متوازية عمودية على محور الارض المار بقطبيها ومرسومة على سطحها على ابعاد متساوية بينها
ومعلوم أن خط الاستواء يقسم الكرة الى قسمين متساويين كل منهما ٩٠°

خطوط الطول

قسم الكرة الى شقق مارة بالقطبين متساوية العروض عند دائرة خط الاستواء فطول كل شقة محصورة بين القطبين يسمى خط الطول . وتقسم خطوط الطول دائرة خط الاستواء الى قسمين كل منهما ١٨٠° درجة ومبدأ المقاس اختياري بالنسبة لكل قطر في العالم فالانجليز يعتبرون غرينتش Greenwich مبدأ المقاس أعني خط الطول المار بها وكان المرحوم محمود باشا الفلكي يعتبر الهرم الاكبر مبدأه وعلى ذلك يعتبر خط الطول شرقا اذا كان على يمين مبدأ النقطة المعتمدة غربا وغربا اذا كان على يسارها - وفى اقترح أن يتخذ العالم الاسلامى الكعبة بمكة المكرمة

أساس خطوط الطول لأنها قبله العالم الاسلامى .

خط الاستواء Equator

إذا انقسمت الكرة الى شطرين أحدهما شمالى والآخر جنوبى فالفاصل بينهما فى شكل دائرة عظيمة يسمى خط الاستواء لامتواء الليل والنهار عليه وكل دائرة تقسم الكرة الى شطرين متساويين هى دائرة عظيمة وإذا امتد سطح دائرة خط الاستواء الى الكرة السماوية فإنه يقطعها فى دائرة عظيمة تقسمها الى شطرين عند دائرة الاستواء السماوى أو خط الاعتدال .

محور الارض وقطبها

هو الخط الذى تدور حوله الارض من الغرب الى الشرق مرة فى كل ٢٤ ساعة ونقطتا تقاطع المحور بسطح الكرة هما القطبان . وبعبارة أخرى هما طرفا محور الأرض

محور الكرة السماوية وقطبها

إذا امتد محور الأرض شمالا وجنوبا فهو محور الكرة السماوية يقطع سطحها فى نقطتين أحدهما القطب الشمالى السماوى Celestial Pole ويستدل عليه بنجم معروف هو النجم القطبى Polaris وهو ضمن الشكل المعروف بالذب الاصفر والاخرى القطب الجنوبى ويستدل عليه بشكل كشكل الصليب ويسمى بالصليب الجنوبى (Southern cross)

الخط الرأسى

هو العمود الواقع فى اتجاه الجاذبية عند أى نقطة على سطح الارض ويستدل عليه بخيط الشاغول للمارى وبطريق غير مباشر بميزان للياء .

السمت والناذر Zenith and Nadir

إذا امتد العمود رأسا أعنى فى اتجاه عمودى فوق الرأس فيقطع الكرة السماوية فى نقطة هى السمت Zenith فهى اذن دليل الراصد على سطح الارض

وامتداد العمود في اتجاه خيط الشاغل (Plumb Line) تحت الاقدام مختراً
الكرة الارضية قاطعا الكرة السماوية في نقطة هي النادر Nadir

الأفق Horizon

هو دائرة عظيمة مرسومة على الكرة السماوية ومقطوعة بمستوى مار بمرکز
الارض بالتعامد على الخط الرأسى وهو في كل مكان على بعد ٩٠° درجة من
السمت والنادر في كل مكان والارض هنا كنقطة صغيرة في الفضاء السباوى
وبديهى أن سطحاً يمر بالراصد عمودياً على الخط العمودى يقطع الكرة في
نفس الدائرة العظيمة .

الأفق المرئى (النظرى) Visible Horizon

هو دائرة تقاطع سطح البحر بالسما تقاطعاً وهمياً وباسقاطه على الكرة يحدث
دائرة صغيرة تحت الأفق الحقيقى وموازية له وبُعد تحت الأفق الحقيقى يتوقف
على ارتفاع عين الراصد (الناظر) فوق سطح الماء
والأفق دائرة عظيمة تقسم الكرة الارضية والكرة السماوية الى شطرين
أحدهما أعلى والاخر أسفل ويعرف بالأفق الحقيقى وسطحه يمر بمرکز الارض وقطبه
الأعلى يسمى سمت الرأس Zenith وقطبه الاسفل يسمى سمت القدم وهو النادر
Nadir ولكل نقطة على سطح الكرة أفق خاص به دون غيره .

الدوائر الرأسية Vertical Circles

هى دوائر عظيمة مارة بسمت الرأس والنادر وعمودية على الأفق وما يمر منها
بنقطتى الافق الشرقية والغربية هو « الرأسية الاولى Prime Vertical » وما يمر
بنقطتى تقاطع البروج وخط الاستواء يسمى « التماسمة الاعتدالية » وما يمر بالمدارين
يسمى « بالتماسمة للمدارية » .

المقنطرات أو متوازيات الارتفاع Almucantars : هى دوائر صغيرة موازية للأفق

الدوائر السويمة Hour Circles

هى دوائر عظيمة تمر بالتقطب الشمالى والجنوبى للكرة السماوية ودائرة —
الست ساعات هى الدائرة السويمة التى سطحها عمودى على خط الزوال أو خط
الطول أو الماجرة (Meridian)

متوازيات الميل Parallels of Declination

هى الدوائر الصغيرة للموازية لسطح خط الاستواء

خط الزوال أو خط الطول أو الماجرة (Meridian or longitude)

هو الدائرة العظيمة التى تمر بالسمت والتطين وهو دائرة سويمة ودائرة
رأسية وتتعدد خطوط الطول بتعدد الراصدين ويقطع خط الطول الافق فى الشمال
والجنوب — وتقاطع سطح الطول بالسطح الافقى المار بالراصد هو الخط الذى يقاس
منه خط الشمال المستعمل فى المساحة السطحية .

الرأسية الأولى (Prime Vertical)

هى الدائرة الرأسية التى سطحها عمودى على سطح خط الطول وتقطع الافق
فى تقاطع الشرق والغرب .

دائرة البروج (Ecliptic)

هى الدائرة العظيمة على سطح الكرة السماوية التى يرسمها مركز الشمس فى
مدة سنة وسطحها هو سطح فلك الارض ويميل على سطح خط الاستواء بزاوية
مقدارها $23^{\circ}27'$ ويميل يسمى «ميل دائرة البروج obliquity of the Ecliptic»

الاعتدالان (Equinoxes)

الاعتدال الربيعى أى مبدأ برج الحمل عند تقاطع البروج وخط الاستواء

وهو موقع الشمس عند استواء الليل بالنهار وعندها ترتفع الشمس من جنوب خط الاستواء السماوى الى شمال خط الاستواء السماوى عند نقطة مبدأ الحمل First Point of Aries . وذلك فى يوم ٢١ مارس

أما الاعتدال الخريفي فهو على بعد ١٨٠° درجة من الاعتدال الربيعي عند تقاطع دائرة البروج مع خط الاستواء في مبدأ برج الميزان Libra وهذا التقاطع هو موقع استواء الليل بالنهار في الخريف وعنده تنحدر الشمس الى الجنوب من خط الاستواء بعد أن كانت في الشمال وذلك يوم ٢٢ سبتمبر .

المداران الشتوى والصيفى

Coaltitude or Zenith Distance البعد السمتي

هو متمم الارتفاع ويساوى 90° - الارتفاع

Diurnal Circle سعة الجرم أو الدائرة اليومية

هو القوس الذي يرسمه كوكب ما في مسيره اليومي ابتداء من شروقه الى غروبه

خط عرض المكان

متى وُجد الراصد بين خط الاستواء والقطب فانه يرى الأجرام السماوية ترسم أقواسا في حركتها اليومية ليست عمودية على الافق ولا موازية له بل مائلة عليه أكثر أو أقل حسب بُعد الراصد عن خط الاستواء ويحدد خط عرض المكان ارتفاع القطب عن موقف الراصد

Right Ascension) الصعود للمستقيم

هو الزاوية الحادة عند جرم سماوى بين خطين أحدهما ممتد من الكوكب الى الاعتدال الربيعي والآخر عمودى على خط الاستواء ويقاس الصعود المستقيم على القوس الواقع على خط الاستواء ما بين الاعتدال الربيعي والخط العمودى من الجرم على خط الاستواء ويحسب كساعات ودقائق وثوان وبما أن الأرض تدور حول محورها دورة كاملة (360° درجة) كل ٢٤ ساعة فتدور 15° درجة في كل ساعة و 15° في دقيقة و 15° في كل ثانية زمنية .

Declination الميل الفلكي

هو جزء من خط الطول السماوى ويقاس ابتداء من خط الاستواء السماوى الى موقع الكوكب أو النجم

وما كان من الكواكب على خط الاستواء فلاميل له كالشمس في برج الجمل

الاستقبال (Opposition) : اذا كان كوكبان في جهتين متقابلتين في السماء
أى كان بينهما 180° درجة من خطوط الطول فهما في الاستقبال .
التربيع (Quadrature) : واذا كان بينهما 90° درجة من خطوط الطول
فهما في التربيع .

إيجاد خطوط عروض نصف الكرة الشمالى بواسطة النجمة القطبية

يعرف خط العرض من قياس ارتفاع القطب فلو كان نجم القطب Polaris
عند القطب تماماً لا كُتفى بقياس ارتفاعه ولكنه ليس كذلك وبعده متغير قليلاً
فلو علمنا ميله في يوم وساعة معلومين من جداول التقويم النجمى البحرى
(Nautical Almanac) السنوى فيكون متمم الليل هو بعده القطبى
فنسند مرور النجم القطبى فوق القطب على خط الزوال يقاس الارتفاع
بالتيريدوليت ويصح بمقدار الانكسار الضوئى واختلاف المنظر (parallax)
والارتفاع بعد اصلاحه كما ذكر ثم يطرح البعد القطبى فما بقى فهو خط عرض
المكان (Latitude) عند المرور العلوى للنجم القطبى
أما في حالة مروره الاسفل (Lower Transit) فيضاف البعد القطبى للارتفاع
الظاهرى بعد تصحيحه وما بقى فهو عرض المكان

ملحوظة .

اذا قيس ارتفاع نجم القطب 15 دقيقة زمنية قبل وصوله الهاجرة (Meridian)
أو 15 دقيقة زمنية بعد وصوله الهاجرة فلا فرق في خط العرض أكثر من $5''$
نوان قوسية

وإذا أُخذ ارتفاع النجم القطبى $5''$ قوسيه قبل وصوله الى الهاجرة أو بعد
وصوله بهذا المقدار لا ينتج فرق في خط العرض أكثر من $1''$ قوسية

ولمعرفة وقت وصول النجم القطبي أو غيره الى المهاجرة

يطرح صعود الشمس للمستقيم لليوم من صعود النجم للمستقيم لليوم (وبإضافة ٢٤ ساعة ان كان صعوده للمستقيم أقل من صعود الشمس للمستقيم) وما بقي فهو الوقت بعد الظهر الذى يصل فيه النجم القطبي أو غيره الى خط نصف النهار

$$\text{Right Ascension of Star} - \text{Right Ascension of Sun} + 24 = \left\{ \begin{array}{l} \text{Time elapsed} \\ \text{from Noon to} \\ \text{reach Meridian} \end{array} \right.$$

خط الطول

خط طول أى مكان على الكرة الارضية هو الزاوية إلحادثة عند القطب المحصورة بين خط نصف النهار لهذا المكان وبين خط نصف النهار المعتبر أساساً لخطوط الطول مثل غرينتش بانكلترا

خط الطول = الزمن عند خط نصف النهار للمعتبر أساس (غرينتش مثلاً)

— [الزمن عند خط نصف النهار عند النقطة المطلوبة]

والازمنة هي الاوقات المحلية سواء كانت (شمسية أو نجمية) منسوبة الى خط نصف النهار المعتبر أساساً وخط الطول مأخوذ اما شرقاً أو غرباً من هذا الاساس الى ١٨٠° درجة أعنى ١٢ ساعة زمنية وعلى ذلك يكون إيجاد خط الطول لأى مكان هو إيجاد فرق الوقت او (الزمن) للرصد عند خط نصف النهار المراد إيجادها والزمن المرصد عند خط نصف النهار للمعتبر أساساً عرفياً (غرينتش).

إيجاد الوقت فلكياً

يمكن إيجاد الوقت المحلى لآى مكان بمعرفة الزاوية السويعية (Hour Angle) لآى نجم سماوى. ويمكن الحصول عليها (أى على الزاوية السويعية) بالرصد والمفروض أن للراصد ساعة وأنها تبين الوقت الوسطى Mean time أو الوقت

النجمي Sidereal time على خط الطول الذي عليه الراصد أو على أى خط طول آخر معلوم كغرينتش مثلاً .

تصحيح الساعة (Clock Correction)

هو السكّة التي تضاف جبراً للوقت المبين على الساعة للحصول على الوقت الصحيح على خط الطول الذي أوجدنا « معدل rate » تقديم الساعة أو تأخيرها عليه ولنفرض

$$ق = \text{وقت الساعة}$$

$$ق = \text{الوقت الحقيقي}$$

$$ق_1 = \text{مقدار تصحيح الساعة (تقديم أو تأخير)}$$

$$ق = ق + ق_1$$

$$ق = ق - ق_1$$

وتصحيح الساعة يكون بالزائد أو بالنقص حسب ما تدل عليه الساعة من التقديم أو التأخير وفي ساعة الرصد إذا كان الوقت المبين على الساعة (ق) يتفق مع (ق) المحسوب من الرصد - فالساعة مضبوطة وإلا فيكون بها خطأ ويصحح طبق للمعادلة

$$ق = ق - ق_1$$

معدل تقديم أو تأخير الساعة Rate of clock

هو الزيادة أو النقص في تصحيح الساعة مدة يوم أو ساعة

$$ق_2 = \text{تصحيح الساعة في وقت } ق_2$$

$$ق_1 = \text{تصحيح الساعة في وقت } ق_1$$

$$ق_3 = \text{معدل تقديم أو تأخير الساعة في وحدة الوقت}$$

$$ق_3 = ق_2 + ق_1 (ق - ق_1) \dots \dots (١)$$

(ق - ق_٢) يجب التعبير عنها بأيام وساعات تبعاً لقيمة (ق Rate)
 معدل التقديم أو التأخير الذي يعبر عن اليوم أو الساعة الخ
 وعندما يعرف مقدار تصحيح الساعة ومعدلها في التقديم أو التأخير في لحظة معينة
 (ق_١) [أنظر المعادلة (١)] يمكننا أن نستنتج الوقت الحقيقي من قراءة الساعة
 (ق) بالمعادلة

$$ق = ق_1 + ق_2 + ق_3 + \dots + (ق - ق_1) \quad (٢)$$

وان وجد ضابط للساعة في وقتين ق_١، ق_٢ فإن معدل التقديم أو التأخير

$$ق = \frac{ق_1 - ق_2}{ق_1 - ق_2} \quad (٣)$$

وهذه المعادلات تستعمل ما دام الفرض بأن معدل تقديم أو تأخير الساعة
 ثابت - وبما أن ثبوت المعدل بالتقديم أو التأخير زمن طويل غير منظور حتى مع
 أحوال ضابحات الوقت من الساعات فالمعتاد هو حصر المدة بين رصدتين مع تحديد
 الوقت لمدة قصيرة حتى يتسنى الفرض بأن المعدل بالتقديم أو التأخير ثابت في هذه
 المدة ويترتب طول المدة على طبيعة الساعة المستعملة وعلى درجة الضبط المطلوبة

إيجاد خطوط الطول

في الأعمال الدقيقة الجيودسية يمكن إيجاد خط طول مكان بالنسبة لمكان
 خط طوله معروف إذا ارتبط المحلان بالتلفراف السلكي أو اللاسلكي ورصد
 الوقت المحلي (Local time) في المكانين في لحظة واحدة ففرق الوقتين المحليين
 بالزمن يمثل فرق خطي الطول بالزمن (difference of longitude) وهذا
 يمكن تحويله إلى درج ودقائق وثوان قوسية

Longitude by chronometer watch transported إيجاد خطوط الطول بنقل ساعة كرونومتر

تستعمل هذه الطريقة في إيجاد خط الطول في الملاحة البحرية ويستعملها الرحالة أيضاً في إيجاد خطوط الطول وتنحصر في إيجاد خطأ الكرونومتر (الساعة) بالنسبة لخط الطول عند المكان الأول وذلك بالرصد لإيجاد الوقت الحلى عند نقطة مثل (١) ثم تنقل الساعة الكرونومتر الى نقطة (ب) مثلاً بعد معرفة معدل التقديم أو التأخير عند النقطة الأولى لإيجاد خطأ الكرونومتر على خط طول المكان الثانى بالرصد لإيجاد وقته الحلى بالضبط فإذا ثبت ضبط الساعة ففرق تصحيحها في المكانين يعطى فرق خطى طوليهما

ولو فرضنا أن الرصد الأول عند محطة في الشرق والثانى عند محطة في الغرب فتصحيح المعدل اليومي عن التقديم أو التأخير (ع = Rate) البالغ عدداً من الثواني الزمنية يضاف عند ما تؤخر الساعة ويطرح عند ما تقدم

فلو رمزنا بالآتى

ب = تصحيح الساعة في المحطة الشرقية

ث = تصحيح الساعة في المحطة الغربية

ى = عدد الايام بين الرصدين

ق = قراءة الساعة في الرصد الثانى

فرق خطى الطول هو كما يأتى : —

(١) الوقت الحلى عند النقطة الغربية

= ق + ث

(٢) الوقت الحلى عند النقطة الشرقية

= ق + ث + ى ع

(٣) الفرق بين الوقتين (١)، (٢) = الفرق بين خطى الطول

$$= \text{ث} + \text{ى} \times \text{ع} - \text{ث}$$

والعكس بالعكس .

وإذا رُصدَتْ نجومٌ وعُيِّنَ خطأ الكرونومتر (الساعة) المضيوط على الوقت الوسطى فن الضرورى معرفة خطوط الطول بالضبط لتصحيح الصعود المستقيم (R.A) للشمس أما إذا كان الكرونومتر دالا على «الوقت النجمى Sidereal time» وعلم خطاه بالنسبة للوقت النجمى المحلى فلا حاجة لهذا التصحيح .

ضبط معدل تقديم أو تأخير الكرونومتر

يجب على الراصد ان أمكن أن يعود الى النقطة الاولى ويعيد تعيين الوقت المحلى فإذا ظل معدل التقديم أو التأخير ثابتاً فالخطأ فى تعيينه يمكن تلافيه بأخذ المتوسط للنتيجتين .

وطريقة استعمال الكرونومتر الواحد ليست دقيقة فى إيجاد خط الطول كطريقة اللاسلكى أو التلغراف لكن إذا تمددت الكرونومترات وتمددت الارصاد فى المكانين فإنه يمكن الحصول على نتائج حسنة لخط الطول . وتقيد طريقة الكرونومتر الواحد فى تعيين خط الطول فى الملاحة البحرية وفى الاستكشاف مثال ذلك .

يوجد الوقت الوسطى المحلى (Local Mean time) بالرصد على خط زوال

ثانية دقيقة

نقطة مثل (١) ويوجد مقدار تأخير الساعة وليكن ٤٠ ١٥ وفى نقطة (ب)

ثوانى دقيقة

غربى (١) يوجد مقدار تأخير الساعة ويفرض أنه ١٠ ١٤ على الوقت

الوسطى المحلى ومعلوم بأن الساعة تقدم يومياً (٨) دقائق فلو كان الرصد الثانى

٤٨ ساعة بعد الرصد الاول فالفرق في خطى الطول هو

$$\begin{array}{ccccccc} \text{ثانية} & \text{دقيقة} & & \text{ثواني} & \text{دقيقة} & \text{ثواني} & \text{دقيقة} \\ ٤٠ & ١٥ & - & ٢ \times ٨ - & ١٠ & ١٤ = & ١٤ \text{ ثانية} \\ & & & & & & ١ \end{array}$$

فيكون خط الطول المار بنقطة (ب) هو ١٤ ثانية دقيقة أو ١٨ ٣٠

قوسيه غرب خط الزوال المار بالنقطة (١)

الوقت

حركة النجوم أدق ساعة فلو وجهت محور (منظار تيودوليت) نحو خط الزوال ورصدت نجما فهذا النجم يمر بعد اتمام دورته اليومية بمحور هذا المنظار في نهاية اليوم النجمي ويسمى هذا الوقت « بوقت مرور النجم transit » وطول اليوم النجمي ٤٩ ثانية ٥٦ دقيقة ٢٣ ساعة فان زاد أو قل الوقت بين المرورين عن هذا القدر فيجب ضبط الساعة اذا كانت مسيرة على الوقت النجمي .

الوقت الشمسي

أما الوقت الشمسي فيختلف عن الوقت النجمي بمقدار (٤) دقائق تقريبا يوميا بسبب انتقال الأرض في مدارها حول الشمس

اليوم الشمسي

وأما اليوم الشمسي فهو الوقت المحصور بين مرورين متوالين للشمس على خط زوال الراصد .

وقت المرور العلوي والسفلي lower and upper transit

عند ما يمر نجم بخط زوال الراصد فالمرور يكون مرة فوق القطب ويسمى « بالمرور العلوي » وأخرى تحت القطب ويسمى « بالمرور السفلي » ويلاحظ هذا خليقا في النجوم التي تحوم حول القطب قط وبيباغ أدنى ارتفاع نجم عند

مروره العلوى ويسمى « بتكبده العلوى » كما يبلغ أدنى ارتفاع عند مروره السفلى وقد يصل الى أقصى بُد تحت الافق عند مروره السفلى اذا كان من النجوم التى لاتحوم حول القطب .

أقصى مدى شرقاً أو غرباً Elongation

يلبغ النجم أقصى مدى عند ما يصل الى أقصى بُعد عن خط الزوال شرقاً أو غرباً .

الوقت النجمى Sidereal time

فى أى لحظة هو الزاوية السويمية لمبدأ نقطة برج الحمل .
والزاوية السويمية لنجم هى الوقت النجمى الذى مضى من « وقت مروره » . « Transit —

$$\text{الوقت النجمى} = \left\{ \begin{array}{c} \text{الصعود} \\ \text{للمستقيم} \\ \text{لنجم} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \text{الزاوية} \\ \text{السويمية} \\ \text{لنجم} \end{array} \right\}$$

ويطرح منه ٢٤ ساعة عند ما يزيد المجموع عن ٢٤
الصعود المستقيم لنجم = الوقت النجمى لوقت مروره
وعلى ذلك فالساعة النجمية تدون الصعود المستقيم للنجوم عندما تمر مرورها العلوى .

الزاوية السويمية (القوسية)

عند رصد القمر أو الكواكب أو النجوم فالتقويم النجمى يبين الصعود المستقيم وعليه يكون الوقت النجمى = الصعود المستقيم + الزاوية السويمية

وعلامه (+) تستعمل عند ما يكون الجرم غربا وعلامة (-) عندما يكون شرقا .

وإذا كانت الشمس هي المرصودة

فالوقت الظاهري هو $\frac{\text{الزاوية السويعية}}{١٥}$ عند ما تكون غربا $٢٤ - \frac{\text{الزاوية السويعية}}{١٥}$

عند ما تكون شرق خط الزوال

الزاوية السويعية والصعود للمستقيم للشمس

العلاقة السابق تلويها بين الوقت النجمي والصعود المستقيم والزاوية السويعية

مشابهة للوقت الشمسي فالصعود المستقيم والزاوية السويعية للشمس الحقيقية (أو

الظاهرية) تقاس بالساعة الشمسية وهي $\frac{٢٤}{١٥}$ من اليوم الشمسي الظاهري وفي حالة

الشمس المتوسطة تساوي الساعة الشمسية $\frac{٢٤}{١٥}$ من اليوم الشمسي المتوسط

والوقت الشمسي الظاهري هو الزاوية السويعية للشمس وهو الوقت الذي

تبينه المزواة الشمسية والزاوية السويعية للشمس المتوسطة تعطى الوقت الوسطي

من تلك اللحظة

$$\text{الوقت النجمي} = \left\{ \begin{array}{c} \text{الصعود} \\ \text{المستقيم} \\ \text{للشمس} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \text{الزاوية} \\ \text{السويعية} \\ \text{للشمس} \end{array} \right\}$$

تطرح ٢٤ ساعة عند ما يزيد المجموع عن ٢٤ وبالمثل نجد .

$$\text{الوقت النجمي} = \left\{ \begin{array}{c} \text{الصعود المستقيم} \\ \text{للشمس} \\ \text{المتوسطة} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \text{الزاوية} \\ \text{السويعية} \\ \text{للشمس المتوسطة} \end{array} \right\}$$

تطرح ٢٤ ساعة عند ما يزيد المجموع عن ٢٤ وبما أن الزاوية السويعية هي

صفر عند المرور العلوي فان .

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{الوقت النجمي} \\ \text{عند الظهر الوسطي} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{الصعود المستقيم} \\ \text{للشمس} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{الوقت النجمي} \\ \text{للظهر الوسطي} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{الصعود للمستقيم} \\ \text{للشمس للتوسطة} \end{array} \right\}$$

معادلة الوقت Equation of time

الفرق بين الوقت الوسطي والوقت الظاهري هو معادلة الوقت وهو بالزائد (+) عند ما يكون الوقت الوسطي متقدماً على الوقت الظاهري وبالنقص (-) عند ما يكون الوقت الظاهري متقدماً على الوقت الوسطي وعليه يكون :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{معادلة} \\ \text{الوقت} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{الوقت} \\ \text{الظاهري} \end{array} \right\} = \text{الوقت الوسطي}$$

وقت الساعة = وقت المزالة + معادلة الوقت
وعند ما تكون الشمس على خط الزوال فالمزالة تبين الساعة صفر أو الظهر وعليه تكون

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{الوقت الوسطي} \\ \text{للظهر الظاهري} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{معادلة} \\ \text{الوقت} \end{array} \right\}$$

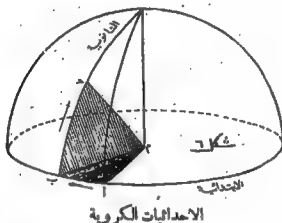
وتكون معادلة الوقت بالزائد (+) عند ما تحل الشمس الحقيقية بعد الشمس الوسطية .

الفصل الثاني

نظام الاحداثيات الكروية

نظام الاحداثيات الكروية ،

لتعيين اتجاه نقطة في الفراغ يلزم احداثيان كرويان يعينان بقياس مسافتين زاويتين - angular distances مقاستين على جزئين من دائرتين عظيمتين على الكرة تقطع احدهما الأخرى بزاوية قائمة



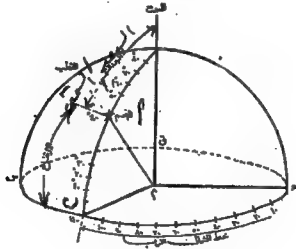
لتعيين النقطة (ج) بالنسبة للسطح (م ا ب) الذي مركزه (م) يرسم المستوى (م ب ج) رأسياً على المستوى (م ا ب) وماوا بالنقطة (ج) وهذان المستويان يتقاطعان في الخط (م ب) والاحداثيان الكرويان اللذان يعينان النقطة (ج) هما الزاوية (ب م ج) والزاوية (م ب ج) ويمكن اعتبارهما كالزاوية المكونة عند مركز الكرة أو كالمماسات القوسية (ب ج) ، (ا ب) .

ويقاس احد الاحداثيان على دائرة عظمى وتسمى الدائرة الابتدائية والآخر على دائرة من مجموعة من الدوائر العظمى عمودية على الدائرة الابتدائية يقال لها الدائرة الثانوية والدوائر الثانوية لا تحصر لمدها وتمر كل منها بقطب الدائرة الابتدائية

والاحداثى للمقاس ابتداء من الدائرة الابتدائية هو قوس من الدائرة الثانوية والاحداثى للمقاس بين الدوائر الثانوية هو قوس من الدائرة الابتدائية .

نظام الأفق Horizon System

يشمل هذا النظام الدائرة الابتدائية وهى الأفق والثانويات التى هى الدوائر الرأسية أو الدوائر التى تمر بالسمت والنادر والاحداثى الاول للنقطة مأهوبتها على زاوية فوق الأفق مقاسا على دائرة رأسية يقال لها « الارتفاع altitude » ومتمم الارتفاع هو البعد السمتى ($\text{Zenith-distance} = 90^\circ - \text{altitude}$) والاحداثى الآخر هو الزاوية الواقعة على الأفق بين خط الطول وبين « الدائرة الرأسية vertical circle » المارة بالنقطة ويقال له « الانحراف عن خط شمال النقطة Azimuth of the Point » والانحراف عن خط الشمال هذا يمكن مقاسه من الشمال أو الجنوب بالنسبة للنقطة وفى أى الاتجاهين مثل « للمقاسات الانحرافية المساحية — bearings in surveying » وللمتاد أن يعتبر أساس المقاس من اتجاه الجنوب ويدور يمينا من صفر إلى 360° الا فى حالة مقاس النجوم القريبة من القطب فإنه يحسن اعتبارها من الشمال شرقا أو غربا .



شكل ٧
نظام الأفق

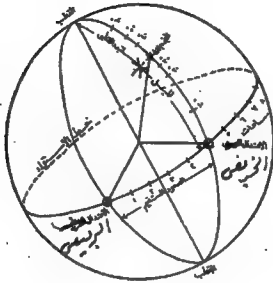
وفي الشكل (٧) نجم (١) ارتفاعه (ب ا) مقاسا على القوس الرأسى بقدر 40° درجة وانحرافه عن خط الشمال (ج ب) مقاسا على الافق بقدر 110° درجة غربا .

نظام احداثيات خط الاستواء

الفوائر الاساسية فى هذا النظام هى خط الاستواء والدوائر العظيمة المارة بالقطين أو الدوائر السويعية

والاحداثى الأول لنقطة ما هو الزاوية شمالى أو جنوبى خط الاستواء مقاسة على « دائرة سويعية Hour circle » يقال لها « الميل declination » ويعتبر الليل بالزائد (+) عند ما يكون الجرم شمال خط الاستواء وبالناقص (-) عند ما يكون جنوب خط الاستواء « ومتمم الليل هو البعد القطبى Polar distance » والاحداثى الثانى للنقطة هو القوس المقاس على دائرة خط الاستواء بين « نقطة الاعتدال الربيعى Vernal Equinox » ونهاية الدائرة السويعية المارة بهذه النقطة ويقال له الصعود المستقيم (Right Ascension) ويقاس الصعود المستقيم من نقطة الاعتدال شرقا الى الدائرة السويعية المارة بالنقطة المذكورة ويمكن مقاسها بالدرج والدقائق والثوانى القوسية والساعات والدقائق والثوانى الزمنية

نظام خط الاستواء



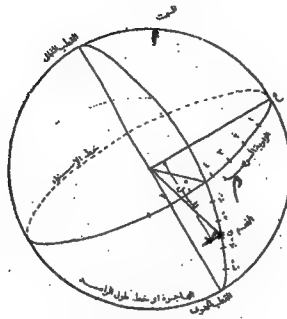
شكل ٨

في الشكل (٨) الميل = (ان)

وحساب الصعود المستقيم هو من الاعتدال الربيعي الى (١)

« نظام الميل والزوايا السويية Declination and Hourangle »

ويتعين أحياناً مكان النقطة في الكرة السماوية (بدلاً من استعمال نظام إحداثي الميل والصعود المستقيم) باستعمال نظام إحداثي الميل والزوايا السويية وهي القوس المقاسة على دائرة خط الاستواء بين خط طول الراصد (observer's meridian or Longitude) والناثرة السويية للنقطة هي قوس من خط الاستواء بين خط طول الراصد والزوايا السويية المارة بالنقطة ويقاس من خط الزوال غرباً في اتجاه عقرب الساعة من الساعة (صفر) الى الساعة (٢٤) أو من البرجة (صفر) الى الدرجة (٣٦٠°)



شكل ٩

في الشكل (٩) ميل النجم (ن) هو بالنقص (-) ويساوي (ان) والزاوية السويبية هي (ع ا) ولمقاس الوقت يمكن أخذ الزاوية السويبية باعتبارها من الجزء الأعلى أو من الجزء الأسفل من خط الطول أو خط الزوال

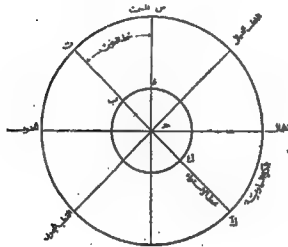
وتتلخص الأنظمة الثلاثة في الجدول الآتي :-

الاسم	الدائرة الابتدائية	الدائرة الثانوية	مركز الاحداثيات	الاحداثي الأول	الاحداثي الثاني
نظام الافق	الأفق	الدوائر الرأسية	النقطة الجنوبية	الارتفاع	الانحراف عن خط الشمال
نظام خط الاستواء	خط الاستواء	الدائرة السويبية	الاعتدال الربيعي	الميل	الصعود المستقيم
	»	»	{ تقاطع خط الطول وخط الاستواء }	الميل	الزاوية السويبية

وهناك نظام آخر يستعمل في فروع أخرى فلكية لكنه لا يستعمل في أعمال الفلك من الوجهة العملية المحض والنظام المشار اليه هو نظام «الطول والعرض السماوى *Celestial latitude & longitude*» وفي هذا النظام « دائرة البروج الشمسية *Ecliptic* » هى المائرة الابتدائية وخط العرض السماوى يقاس من دائرة البروج كما يقاس الميل من خط الاستواء وخطوط الطول السماوية تقاس شرقاً على دائرة البروج من الاعتدال كما يقاس الصعود المستقيم شرقاً على خط الاستواء أما خطوط الطول والعرض الأرضية فهى ما يستعمل في أعمالنا الفلكية العملية

أحداثيات الراصد (الناظر)

يتعين موقع الراصد بواسطة خطى العرض والطول



شكل ١٠

خط العرض على سطح الأرض (الكرة)

هو الزاوية بين الراصد وخط الاستواء شمالاً أو جنوباً منه وتعريفه فلكياً

هو « ميل سمت الراصد *declination of the zenith* »

في الشكل ١٠ خط العرض على الكرة الأرضية هو القوس (ب د)

ب ك = خط الاستواء السماوى

ب ك = خط الاستواء الارضى

د = نقطة الراصد على الارض

س = سمت الراصد

وعليه خط عرض الراصد على الكرة السماوية هي القوس السماوى (ب س)

يقابله القوس الارضى ويساوى من الدرج (ب د)

ومتتم العرض = (٩٠° - العرض)

وخط طول الراصد على الارض هي القوس المقاس على خط الاستواء بين

خط الطول الاساسى (عادة غرينتش) وخط الطول المار بالراصد

وخط الطول السماوى للراصد هي القوس المقاسة على خط الاستواء السماوى

بين دائرتين سويتيتين سطحيهما هما خطى الطول على الارض

علاقة نظامين من الاحداثيات

لايجاد العلاقة بين النقط المختلفة والدوائر على الكرة بفرض بأن الكرة

السماوية تحتوى على كرة داخل أخرى وتحمل الكرة الخارجية حول سطحها

دائرة البروج والاعتدالان والقطبان وخط الاستواء والدوائر السوية وجميع

النجوم والشمس والقمر والكواكب

وتحمل الكرة الداخلية السميت والأفق والدوائر الرأسية والقطبية وخط

الاستواء والزواية السوية وخط نصف النهار (الهجرة)

والحركة اليومية الارضية تحدث دوران الكرة الداخلية بينما تبقى الكرة

الخارجية بلا حركة او باعتبار الحركة الظاهرية تدور الكرة الخارجية مرة في اليوم

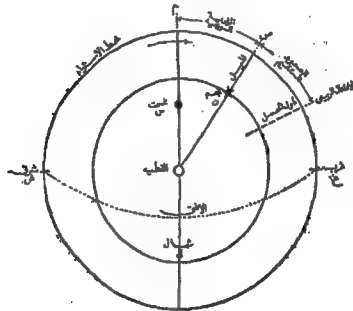
على محورها إذا تبقى الكرة الداخلية بلا حركة ومن ذا يتبين جلياً أن

أحداثيات نجم ثابت في النظام الاول (نظام خط الاستواء) بها أحداثى لليل

والصعود المستقيم ثابتان تقريباً بينما تستمر أحداثيات نظام الأفق في التغير باستمرار

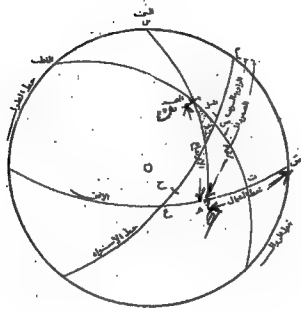
(ملحوظة) نظام احداثيات خط الاستواء الاولى مستقلة عن موقع الراصد أما في نظام الأفق فالاحداثيات تتوقف على موقع الراصد في نظام خط الاستواء الثانى به أحد الاحداثيان مستقل عن الراصد بينما تجد الاحداثى الآخر وهو (الزاوية السويبية) يوتر على وتلدون مواقع النجوم في التقاويم الفلكية البحرية (النجمية) بالصمود المستقيم والميل وتنتشر سنوياً وهى مرجع المشتغلين بالملاحة والمساحة وتستعمل احداثيات نظام الأفق فى المقاس رسداً بالآلات لسهولة ولذا يجب تسهيل امكان التعويل من نظام الى آخر أما العلاقات الرياضية بين النظم وبعضها فسيأتى الكلام عليها .

الاشكال (١١١) و (١١٠) و (١٠٩) تبين ثلاثة أوضاع مختلفة من الكرة السماوية (١١١) يبين الكرة مسقوطة على مستوى خط الاستواء (١١٠) يبين الكرة كما تظهر من الخارج وتصلح لحل الثلاث الكروية (١٠٩) يمثل جزء من الكرة منظوراً من الارض فى اتجاه الجنوب



شكل ١١١

شكل نمرة (١١١) يبين شكل الكرة السماوية مسقوطة على مستوى خط الاستواء .



شكل ١١

شكل (١١) يبين الكرة كما تظهر من الخارج وتصلح لبيان مسائل
الثلاث الكروية

في الشكل (١١)

ن = الارتفاع

ص = الانحراف عن خط الشمال

م = الزاوية السوية

ح = الصعود المستقيم

(ملحوظة) ح أول نقطة الجمل

ن = الميل

م ص = خط نصف النهار أو خط الطول

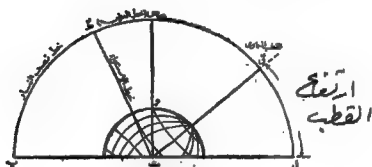
والشكل (١١) يبين نفس النقط التي بالشكل (١١) و (١٣) وهي

مستوية على مستوى خط الاستواء وفيه زوايا القطب السماوي (أعنى الزوايا بين

الفصل الثالث

العلاقة بين الاحداثيات الفلكية

العلاقة بين ارتفاع القطب وخط العرض

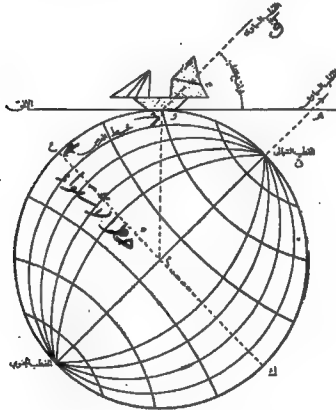


شكل ١٤

في الشكل أعلاه

- ب س ل = خط طول الراصد
 ق = القطب السماوي
 س = سمت الرأس
 ط = تقاطع خط الطول مع خط الاستواء
 ل = شمال الافق
 ب = جنوب الافق
 ث س = الرأسى وهو عمودى على الافق (ل ب)
 ث ق = المحور عمودى على خط الاستواء

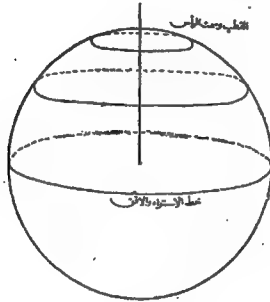
القوس (ق ل) = القوس (ط س)
 (ط س) = ميل السميت أو خط العرض
 (ق ل) = ارتفاع القطب السماوى
 فينتج أن : - ارتفاع القطب = خط عرض المكان
 ويمكن الحصول على نفس هذه العلاقة من الشكل رقم (١٥)



شكل ١٥

ق = القطب الشمالى الارضى
 و ه = سطح الافق للراصد عند نقطه (و)
 ع ك = خط الاستواء الارضى
 وق = خط موازى للخط (م ق) ومتجه نحو القطب الشمالى السماوى
 ويمكن أن نبرهن أن

تغير أما النجوم في النصف الجنوبي من الكرة السماوية فلا ترى قط وفي هذه الحالة كلمة الشمال تنقد معناها العرفي . وكذا كلمة الجنوب اذ تنفى حينئذ أى اتجاه أسمى . وعند القطب ينطبق خط طول النقطة وانحرافها عن خط زوال غرينتش على الارض انظر شكل (١٧)



شكل ١٧

الكرة للموازاة او الكرة السماوية لراصد عند القطب

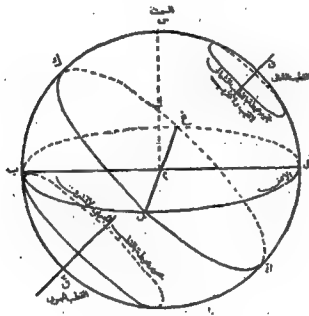
وفي جميع النقط الواقعة بين القطب وخط الاستواء من خطوط العرض يقطع خط الاستواء الافق بميل ويظهر أى نجم على خط الاستواء نصف الوقت فوق الأفق والنصف الآخر تحت الأفق كما يظهر للواقف في النصف الشمالى من الكرة الأرضية بان نجما فوق خط الاستواء يبقى ظاهرا فوق الافق أكثر من نصف اليوم بينما يرى هذا الواقف نجما جنوب خط الاستواء ظاهراً فوق الافق أقل من نصف اليوم .

(ملحوظة)

إذا كان البعد القطبي الشمالى لنجم أقل من خط العرض الشمالى للراصد

فتظهر دائرة النجم اليومية بأكملها فوق الافق وعليه يبقى النجم فوق الافق طول الوقت ويسمى « بالنجم المحيط بالقطب » *Circum polar star* أنظر شكل (١٨) والنجوم المحيطة بالقطب الجنوبي هي النجوم التي بعدها القطبي أقل من خط العرض الجنوبي ولا ترى قط من راصد في النصف الشمالي من الكرة الأرضية

إذا انتقل الراصد شمالا حتى تجاوز دائرة المحيط بالمنجم الشمالي — عند خط العرض $33^{\circ} 66'$ شمالا فالشمس تصبح نجما محيطاً بالقطب عند المدار الصيفي



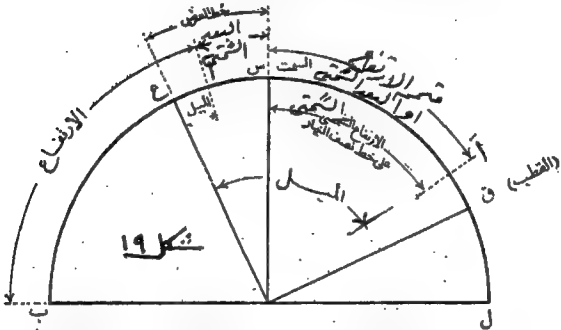
شكل ١٨

شكل النجوم المحيطة بالقطب

وتصل عند الظهر تماماً الى أقصى ارتفاعها وفي منتصف الليل تنحط الى أدنى ارتفاع — لكنها تستمر فوق افق الناظر أو الراصد وتسمى بـشمس نصف الليل (Midnight Sun)

العلاقة بين خط عرض الراصد والميل الجرمي وارتفاع نقطة على خط نصف النهار (خط طول الراصد)

شكل ١٩ - هو عن نجم على خط نصف النهار
لايجاد العلاقة بين خط عرض الراصد وميل الجرم أو النجم وارتفاعه على
خط نصف النهار (راجع الشكل ١٩) نفرض أن



« ١ » هو أى نجم (أو نقطة) على خط نصف النهار وليكن مركز قرص الشمس أو
مركز قرص القمر أو أى كوكب معروف واقع جنوب نقطة السميت وشمال خط الاستواء

ع س = خط العرض = Latitude

ب ١ = ارتفاع النجم على خط نصف النهار = meridian altitude

س ٢ = البعد السميتى للنجم مقاساً على خط نصف النهار =

meridian (zenith distance)

ع ٣ = ميل النجم = declination

ومن الشكل يرى أن

خط العرض = البعد السميتى للنجم على خط نصف النهار + ميل النجم (١)

وإذا كان (١) جنوب خط الاستواء فيل النجم بالنقص وتبقى المعادلة على حالتها بعد تغيير العلامات الجبرية

وإذا كان (١) شمال السميت وليكن (١) فتصير المعادلة
(خط العرض) = (ميل النجم) - (البعد السميتى مقاساً على خط نصف
النهار) (٢)

وإذا كان البعد السميتى للنجم على خط نصف النهار (بالنقص) عند ما يكون النجم شمال السميت فهو (بالزائد) عند ما يكون، جنوب السميت، وهذه الكيفية تمثل للمعادلة رقم (١) جميع الاحوال

ويمكن استعمال نفس المعادلة رقم (١) عند ما يكون النجم تحت القطب باعتبار أن ميل النجم أكثر من ٩٠° درجة والأبسط في هذه الحالة استعمال البعد القطبي *polardistance* بدلا من الليل النجمى *declination*

إذا كان النجم شمال السميت وفوق القطب كما فى (١)
فالبعد القطبى = (٩٠° - ميل النجم) (٣)
خط العرض = (ارتفاع النجم على خط نصف النهار) - (البعد القطبى)
وإذا كان النجم (١) تحت القطب
فإن خط العرض = (ارتفاع النجم على خط نصف النهار) + (البعد
القطبى) (٤)

المثلث الفلكى الكرى

إذا وصلنا بين القطب والسميت وأى نجم (ن) على الكرة السماوية بأقواس من دوائر عظيمة فانا نحصل على مثلث كرى يمكن بواسطته إيجاد علاقة

الأحداثيات الكوكبية ويستعمل هذا المثلث في الفلك والملاحة ويسمى المثلث الفلكي (ق س ن) انظر شكل رقم ٢٠ الذى فيه كلمة متمم تعنى [٩٠° درجة - (خط العرض) أو (الارتفاع النجمى) أو ، الميل النجمى]

$$\text{colatitude} = \text{متعم خط العرض} = (1)$$

$$= قس = 90^\circ - \text{خط العرض}$$

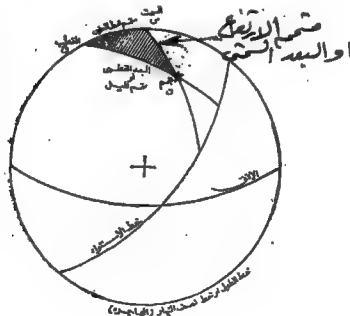
(2) = متمم الارتفاع أو البعد السمتي = coaltitude

== ن س = ٩٠° - ارتفاع النجم

codeclination = متمم الميل أو البعد القطبي (8)

$$= \text{نق} = 90^\circ - \text{ميل النجم}$$

الزاوية (ن ق س) = الزاوية السويعية اذا كان النجم غربي الهجرة
وتساوي (٣٦٠° - الزاوية السويعية اذا
كان النجم شرق الهجرة)



۲. شکل

$$ك = كَ جتا (ج) - يَ جا (ج)$$

$$ي = كَ جا (ج) - يَ جتا (ج)$$

$$ز = زَ$$

وبالتعويض نحصل على الثلاث معادلات الأساسية .

$$جتا (١) = جتا (ب) جتا (ج) + جا (ب) جا (ج) جتا (١) \\ (١) \dots \dots \dots$$

$$جا (١) جتا (ب) = جتا (ب) جا (ج) - جا (ب) جتا (ج) جتا (١) \\ (٢) \dots \dots \dots$$

$$جا (١) جا (ب) = جا (ب) جا (١) \dots \dots \dots (٣)$$

فإذا وضعنا

$$أ = الزاوية السويية Hour angle$$

$$ب = زاوية النجم Parallaotic angle$$

$$ج = انحراف النجم عن خط الشمال Azimuth of star$$

$$متى الارتفاع = أ = ٩٠° - ارتفاع النجم co altitude$$

$$متى خط العرض = ب = ٩٠° - خط العرض co latitude$$

$$متى الليل = ج = ٩٠° - الليل co declination$$

$$جا (ارتفاع النجم) = [جا (خط عرض المكان) \times جا (ميل النجم)] + جتا \\ (خط عرض المكان) \times جتا (ميل النجم) جتا (الزاوية السويية) [(٤) \\ [جتا (ارتفاع النجم) جتا (زاوية النجم)] = [جا (خط عرض \\ المكان) جتا (ميل النجم)] - جتا (خط عرض المكان) جا (ميل النجم) \\ جتا (الزاوية السويية) [(٥) \dots \dots \dots$$

جتا (ارتفاع النجم) جا (زاوية النجم) = جتا (خط عرض المكان)
 جا (الزاوية السويعية)
 (٦)

وإذا وضعنا

Hour Angle = الزاوية السويعية = أ

Azimuth of star = انحراف النجم عن خط الشمال = ب

ج = زاوية النجم = (Parallactic Angle)

co altitude = متم ارتفاع النجم = ج

co latitude = متم خط العرض للمكان = ب

co declination = متم ميل النجم = ا

والمعادلة (٢) ، (٣) تصير

[جتا (ارتفاع النجم) جتا (انحراف النجم عن خط الشمال)]

= [جتا (خط عرض المكان) جا (ميل النجم)]

— [جتا (الميل للنجم) جا (خط العرض للمكان) جتا (الزاوية

السويعية)] (٧)

جتا (ارتفاع النجم) جا (انحراف النجم عن خط الشمال)

= جتا (ميل النجم) × جا (الزاوية السويعية) (٨)

وإذا وضعنا

Azimuth of star = انحراف النجم عن خط الشمال

ب = زاوية النجم = Parallactic angle

ج = الزاوية السويعية = Hour angle

ا = ٩٠° درجة - ميل الجرم = co declination

ب = 90° درجة - خط العرض = co-latitude

ج = 90° - ارتفاع النجم = Co-altitude

جا (ميل النجم) = [جا (خط عرض المكان) جا (ارتفاع النجم)]
 + [جتا (خط عرض المكان) جتا (ارتفاع النجم) جتا (انحراف النجم عن
 خط الشمال)] « ٩ »

[جتا (الليل للنجم) جتا (زاوية النجم)] = [جا (خط العرض للمكان)
 جتا (ارتفاع النجم)] - [جتا (خط عرض المكان) جا (ارتفاع النجم)
 جتا (انحراف النجم عن خط الشمال)] « ١٠ »
 [جتا (ميل النجم) جا (زاوية النجم)] = [جتا (خط عرض المكان)
 جا (انحراف النجم عن خط الشمال)] « ١١ »

وإذا وضعنا

أ = خط شمال النجم = Azimuth of star

ب = الزاوية السوسية = Hour angle

ج = زاوية النجم = Parallactic angle

ا = 90° درجة - ميل النجم = co-declination

ب = 90° درجة - ارتفاع النجم = co-altitude

ج = 90° درجة - خط العرض = co-latitude

[جتا (ميل النجم) جتا (الزاوية السوسية)] = [جا (ارتفاع النجم)
 جتا (خط عرض المكان)] - [جتا (ارتفاع النجم) جا (خط عرض
 المكان) جتا (انحراف النجم عن خط الشمال النجم)] « ١٢ »

ويمكن الحصول على أشكال أخرى للمعادلات السابقة إلا أن هذه المعادلات
 تكفى لسد حاجة الحالات الفلكية العملية التي سيأتي الكلام عليها لتعيين

الاما كن على الكرة الارضية ومعرفة الوقت في اعمال للساحة والملاحة

والمسائل التي تنشأ عادة في أعمال المساحة والملاحة هي : -

المسألة الأولى -

معلوم (١) ميل النجم (٢) خط عرض المكان (٣) وارتفاع النجم
والمطلوب إيجاد هو

(٤) الانحراف عن خط الشمال (٥) والزاوية السويعية

المسألة الثانية - معلوم (١) ميل النجم (٢) خط عرض المكان

(٣) الزاوية السويعية

للمطلوب إيجاد هو

(٤) خط الشمال (٥) ارتفاع النجم

وفي للمعادلات الآتية استعملت الرموز الآتية : -

ز = الزاوية السويعية = Hour angle

ش = الانحراف عن خط الشمال من الشمال = Azimuth from (North)

ع = ارتفاع النجم = Altitude

س = البعد السمتي = Zenith distance

م = ميل النجم = declination

ق = البعد القطبي للنجم = polar distance

ض = خط العرض = Latitude

نصف المجموع « ج » = $\frac{1}{2} (ض + ع + ق)$

لعمل حساب الزاوية السويعية (ز) تستعمل إحدى المعادلات الآتية

$$\frac{1}{2} ز = \frac{\text{جتا } (ج) \text{ جتا } (ج - ع)}{\text{جتا } (ض) \text{ جتا } (ق)} \quad (١٣)$$

$$(١٤) \quad \sqrt{\frac{\text{جتا} (ج - ق) \text{ جا} (ج - ض)}{\text{جتا} (ض) \text{ جا} (ق)}} = \text{جتا} \frac{1}{2} ز$$

$$(١٥) \quad \sqrt{\frac{\text{جتا} (ج) \text{ جا} (ج - ع)}{\text{جتا} (ج - ق) \text{ جا} (ج - ض)}} = \text{ظل} \frac{1}{2} ز$$

$$(١٦) \quad \frac{\text{جا} (ع) - \text{جا} (ض) \text{ جا} (م)}{\text{جتا} (ض) \text{ جتا} (م)} = \text{جتا} ز$$

$$(١٧) \quad \text{جتا} ز = \frac{\text{جا} (ع)}{\text{جتا} (ض) \text{ جتا} (م)} - \text{ظا} (ض) \text{ ظا} (م)$$

$$(١٨) \quad \text{vers } \epsilon t = \frac{\text{جتا} (ض - م) - \text{جا} (ع)}{\text{جتا} (ض) \text{ جتا} (م)} = ١ - \text{جتا} (ز)$$

Hour Angle = t = ز (ملحوظة)

Azimuth = «Z» = ش

لعمل حساب خط الشمال (ش) من الشمال نحو الشرق أو الغرب .

$$(١٩) \quad \sqrt{\frac{\text{جا} (ج - ع) \text{ جا} (ج - ض)}{\text{جتا} (ض) \text{ جتا} (ع)}} = \text{جا} \frac{1}{2} (ش)$$

$$(٢٠) \quad \sqrt{\frac{\text{جتا} (ج) \text{ جتا} (ج - ق)}{\text{جتا} (ض) \text{ جتا} (ع)}} = \text{جتا} \frac{1}{2} (ش)$$

$$(٢١) \quad \sqrt{\frac{\text{جا} (ج - ض) \text{ جا} (ج - ع)}{\text{جتا} (ج) \text{ جتا} (ج - ق)}} = \text{ظا} \frac{1}{2} (ش)$$

$$(٢٢) \quad \frac{\text{جتا}(م) - \text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع)}{\text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع)} = \text{جتا}(ش)$$

$$(٢٣) \quad \text{جتا}(ش) = \frac{\text{جتا}(م)}{\text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع)} - \frac{\text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع)}{\text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع)}$$

$$(٢٤) \quad \text{vers } « Z » = \frac{\text{جتا}(ض - ع) - \text{جتا}(م)}{\text{جتا}(ض) \times \text{جتا}(ع)} = ١ - \text{جتا}(ش)$$

وإذا اريد استعمال هذه المعادلات في حساب الانحراف عن خط الشمال من نقطة الجنوب (ش ج) على الافق فلا محتاج الا الى تعديل طفيف وتحويل المعادلات (٢١)، (٢٢)، (٢٤) الى

$$(٢٥) \quad \sqrt{\frac{\text{جتا}(ج - ض) \text{جتا}(ج - ع)}{\text{جتا}(ج) \text{جتا}(ج - ق)}} = \text{جتا} \frac{1}{2} (ش ج)$$

$$(٢٦) \quad \frac{\text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع) - \text{جتا}(م)}{\text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع)} = \text{جتا}(ش ج)$$

$$(٢٧) \quad \text{vers } « Z » = \frac{\text{جتا}(ض + ع) + \text{جتا}(م)}{\text{جتا}(ض) \text{جتا}(ع)} = ١ - \text{جتا}(ش ج)$$

وبينا يمكن استعمال أى معادلة من هذه المعادلات للحصول على الزاوية المطلوبة الا أن انتخاب المعادلة يتوقف على مقدار الدقة المطلوبة لايجاد الزاوية وعلى علاقتها بالحوال « functions » الأخرى للكونة للمعادلات

فمثلا اذا كانت الزاوية صغيرة جليا فيحسن ايجادها من معادلة الجيب (جا)

لا من معادلة جيب التمام (جتا) وبالعكس عند ما تكون الزاوية قريبة من ٩٠ درجة
فَلِسرعة تغيير (الظل) فالزاوية الناتجة من حل معادلة الظل (طا) تكون أدق قيمة
من الزاوية التي يحصل عليها من معادلة الجيب أو جيب التمام

ويتلاحظ أن بعض للمعادلات تحتاج الى دوال لوغاريتمية (وطبيعية) ففي
هذه الحالة يسهل استعمال الجداول ذات الحسة أرقام في الاعمال الحسابية لان جداول
للمهندسين الخاصة بأعمال الفيض أو المكتب تحتوي غالباً على كل الدوال الطبيعية
واللوغاريتمية للزوايا

أما اذا استعملت جداول لوغاريتمية ذات سبعة (٧) أرقام فالمعادلات ذات
الدوال اللوغاريتمية المحض هي الأفضل استعمالاً

وارتفاع النجم يمكن ايجاده من المعادلتين الآتيتين

$$\text{حـا (ع) = جتا (ض - م) - جتا (ض) جتا (م) جا } \left(\frac{1}{2} \right) (28)$$

$$\text{جا (ع) = جتا (ض - م) - جتا (ض) جتا (م) (١ - جتا ز) (29)}$$

وهتان المعادلتان يمكن استنباطهما من المعادلة رقم (٤) ويمكن الحصول على
الانحراف عن خط الشمال من المعادلة الآتية اذا علم الميل والزاوية السوسية والارتفاع

$$\text{جا (ش) = جا (ز) جتا (م) قاطع (ع) (30)}$$

ويمكن تعيين خط الشمال من نجم بالقرب من القطب عند ما تعلم الزاوية
السوسية باستعمال المعادلة الآتية

$$(31) \quad \frac{\text{جا (ز)}}{\text{جتا (ض) طا (م) - جا (ض) جتا (ز)}} = \text{طا (ش)} \quad (31)$$

وهذه المعادلة يمكن الحصول عليها بقسمة المعادلة (٨) على المعادلة (٧) مع قسمة الناتج على جتا (م) .

وعند ما يكون النجم أو الكوكب على الافق

ومعلوم — (١) خط العرض (٢) ميل النجم

والطول ————— لوب إيجاد .

(١) الزاوية السويية (٢) والانحراف عن خط الشمال

فتؤخذ عند ما يكون النجم أو الكوكب على الافق المعادلتان (٤) ، (٩)

ووضع (ع = صفر) يفتح : —

جتا (ز) = — ظا (م) ظا (ض) (٣٢)

جتا (ش) = جا (م) قاطع (ض) (٣٣)

وتستعمل المعادلتان في إيجاد الشروق والغروب وانحراف الشمس عن خط

الشمال في هذه الاوقات

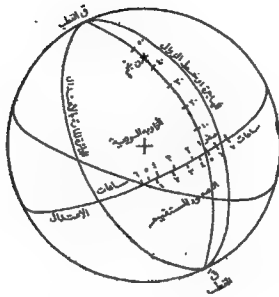
النجم عند ما يكون عند أقصى مدى A star at Greatest Elongation —
للمثلث (ق س ن) حالة خاصة ولها أهمية عملية وتحدث عند ما يكون
النجم في تكبده (Culmination) شمالا من السميت عند أقصى مدى
(At Greatest Elongation) .

وينصرف النجم في هذا الموضع بمقدار أقصى زاوية عن خط الشمال كما أن
دائرته اليومية (Diurnal circle) مماسة (Tangent) لدائرته الرأسية المارة بالنجم
وتمثل هذه الحالة المثلث القائم الزاوية عند (ن) شكل (٢٣)

معادلات الزاوية السويية والانحراف عن خط الشمال

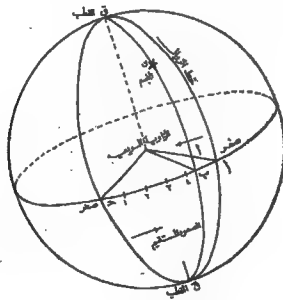
جتا (ز) = ظا (ض) ظا (م) (٣٤)

جا (ش) = جا (ق) قا (ض) (٣٥)



شكل ٢٣

المستقيم تعبر خط الزوال حسب ترتيب الاعداد المبينة عليه والعدد المقابل لخط الزوال (Meridian) في أى لحظة يمثل مقدار ماضى من الوقت على مرور الاعتدال على خط الزوال (Meridian) واذا قرأنا مقياس الزاوية السويمة مقابل الاعتدال (Vernal Equinox) نحصل على نفس عدد الساعات وهذا العدد من الساعات



شكل ٢٤

أو هذه (الزاوية المقاسة بالساعات) تعتبر الصعود المستقيم لخط الطول أو الزاوية السويعية للاعتدال وفي الشكل (٢٤) نجد

أن الزاوية السويعية للنجم (ن) = ا ب

ا ب = زاوية السويعية

وأن الصعود المستقيم = ج ب

ا ب + ج ب = ا ج = الزاوية السويعية للاعتدال

وهذه العلاقة تنطبق على جميع أوضاع النجم (ن) وتكون رابطة عامة

بين الاحداثيات

الزاوية السويعية للاعتدال = الزاوية السويعية للنجم + الصعود المستقيم للنجم

الفصل الرابع

الوقت أو الزمن

في العرف الفلكي والمدني

الوقت (الزمن)

القياس الاصلى للوقت هو دورة كاملة للأرض على محورها وهو ثابت ابداً ويمكن تعيينه بدوران نجم من المجرة الى ان يعود اليها . وسميت تلك المدة يوماً نجمياً وقسمت الى ٢٤ ساعة نجمية .

الوقت الشمسي أو الوقت الظاهري :

يحسب من دوران الشمس الظاهري من المجرة الى عودتها اليها فلو كانت

الشمس ثابتة كنجم لكان الوقت الشمسي والوقت النجمي واحدا ولكن الشمس في انتقالها شرقا 360° في 365 و 2422 يوم شمسي تنتقل بمقدار $\frac{360}{365.2422}^\circ$
 $= 0.986^\circ$ قوسية في كل يوم أو درجة واحدة تقريبا

ويفهم من ذلك أن في مدة دوران الأرض مرة واحدة على محورها تكون الشمس قد انتقلت من خط نصف النهار نحو الشرق فيبقى مقدار ذلك التقسم للأرض أن تدور قبل وصول الشمس إلى خط نصف النهار بالثاني أي أن الشمس تدور ظاهرا لأجل إتمام يوم شمسي بمقدار $360^\circ - 0.986^\circ$.

وعليه يكون $360^\circ - 0.986^\circ = 359.014^\circ$ ساعة ثانية دقيقة ٣

$$\text{وينتج من ذلك أن } \frac{\text{اليوم الشمسي}}{\text{اليوم النجمي}} = \frac{1.00273791}{1}$$

$$\text{وبالعكس } \frac{\text{اليوم النجمي}}{\text{اليوم الشمسي}} = 0.99726957$$

ساعة ثانية ق
 اليوم الشمسي الوسطي $= 24 + 365.256$ وقت نجمي
 فإذا اعتبرنا اليوم الشمسي الوسطي وحدة فيكون اليوم النجمي

$$\text{ساعة ق ثانية} \\ = 24 - 365.256$$

$$\text{ساعة ق ثانية} \\ = 23.93447$$

هنا ولو كانت حركة الشمس في دائرة البروج متساوية دائما لكانت الكمية المذكورة هي الفرق بين اليوم الشمسي واليوم النجمي ولكنها تارة تبطل وأخرى تسرع وعليه تكون الأيام الشمسية غير متساوية فلا حصول على قياس

ثابت للوقت تنوهم شمس وهمية تتحرك على خط الاستواء في مدد متساوية بين انتقالها من خط نصف النهار الى العودة اليه فيحدث معدل طول يوم شمسي في مدة السنة ويسمى بالوقت الوسطي (MEAN TIME) وهذه الشمس الوهمية تارة تسبق الشمس الحقيقية وأخرى تتأخر عنها وبما أنه لا يمكن الاستدلال على الوقت الوسطي من مراقبة الشمس الوهمية فيمكن معرفة الوقت الظاهري من مراقبة الشمس الحقيقية وبمعرفة كمية تقدم الشمس الوهمية على الشمس الحقيقية وتأخرها وبإضافتها وطرحها من الوقت الظاهري يتحصل على الوقت الوسطي ويسمى القدر المضاف أو المطروح بمعادلة الوقت

تحويل الوقت الوسطي الى وقت ظاهري وبالعكس

يحول الوقت الوسطي الى وقت ظاهري بإضافة معادلة الوقت جبرياً أعني (+) أو (-) عن اللحظة المراد تحويل الوقت فيها كأن معادلة الوقت يمكن استخراجها من التقويم الفلكي البحري عن الساعة (صفر) من الوقت اللدني (Oilt time) عن نصف ليل كل يوم عند غرينتش . وإذا كان الوقت بين منتصف ليل ما والذي يليه فيضرب مقدار اختلافه في الساعة في عدد الساعات التي مضت من منتصف الليل السابق ويضاف لمنتصف هذا الليل السابق . ولتحويل الوقت الظاهري الى وقت وسطى يطرح من الوقت الظاهري معادلة الوقت وأيضاً عدد الساعات مضروباً في اختلافه في الساعة

الوقت الفلكي والوقت للندى

كان الوقت المستعمل قبل سنة ١٩٢٥ في التقاويم الفلكية يعطى الساعة صفر وهي ساعة نصف النهار بالضبط والساعات كانت تستمر الى الساعة أربعة وعشرين وبهذه الكيفية كان اليوم الفلكي والندى متفقين بعد الظهر لكن قبل

الظهر كانا مختلفين بمقدار يوم فثلا الساعة السابعة بعد الظهر الثالث من يناير مدينا هي الساعة السابعة من ثلاثة يناير فلكيا ولكن الساعة (٣) صباحاً من يوم ١١ مايو مديناً هي الساعة (١٥) قبل ظهر يوم ١٠ مايو عند التعبير عنه بالوقت الفلكي فن سنة ١٩٢٥ توحد ميده الوقت للمستعمل سواء فلكياً أو مديناً الا أن الوقت ذات الـ ٢٤ ساعة بعد الظهر فيه تستمر أرقامه بعد الساعة (١٢) الى الساعة (٢٤) أعني أن اليوم يبدأ الساعة صفر وهي ساعة نصف الليل . كما هي الحال في الوقت المدني ويستمر الى الساعة ٢٤ وهي صفر اليوم التالي

ملحوظة : وعند ما يستعمل اليوم المنقسم ١٢ ساعة صباحاً و ١٢ ساعة مساء فالساعة ٣ صباحاً هي الساعة ٣ في التقويم والساعة ٣ مساء هي الساعة ١٥ في التقويم .

الزاوية السويعية والوقت

عند ما يمر جرم سماوي بخط نصف نهار الراصد يقال له أنه في مروره الأعلى ثم على بعد ١٨٠° درجة من المطلع المستقيم يمر الجرم ثانية بخط نصف النهار فيقال له انه في مروره الاسفل . ويحتوى المرور الأعلى على سمت الراصد كما يحتوى مروره الاسفل على النادر — وفي لحظة مروره الأعلى تمثل زاويته السويعية (معبرة عن الوقت) الساعة صفر بالنسبة للجرم . ولحظة مروره الاسفل زاويته السويعية هي ١٢ ساعة ومعروفة الساعة السويعية في أى لحظة من حركة الجرم تنبئ عن الوقت اللازم للوصول الى خط نصف نهار المكان ان كان (شرقا) والوقت الذى انقضى من لحظة مروره عليه ان كان (غربا) وذلك نظراً لمعدل اختلافه المنتظم حتى أننا اذا ضبطنا ساعتنا للإدارة مدة أربع وعشرين ساعة بين المرورين المتوالين فالساعة السويعية (س) هي ما تظهره الساعة

الوقت النجمي

بما أن حركة الأرض حول محورها منتظمة فلو كان محورها ثابتاً في محله لبقيت المدة بين اللوردين لكل نقطة على الكرة الأرضية متساوية بالضبط إلا أن اتجاه المحور به تغير محسوس خصوصاً في النجوم القريبة من القطبين . فلامكان الحصول على مقياس ثابت للوقت أخذت نقطة على خط الاستواء هي مبدأ برج الحمل أو نقطة الاعتدال الربيعي وجعل هذا مبدأ مقياس الوقت النجمي واليه ينسب الوقت النجمي

اليوم النجمي

هو المدة المحصورة بين مرورين علويين لنقطة الاعتدال الربيعي على نفس خط نصف النهار وينقسم الى أربع وعشرين ساعة والساعة الى ٦٠ دقيقة والدقيقة الى ٦٠ ثانية

وعليه فيكون الوقت النجمي في أية لحظة هو الزاوية السويعية لنقطة الاعتدال الربيعي من خط نصف نهار الراصد غرباً من الساعة صفر الى الساعة أربعة وعشرين (٢٤) ومن تعريفنا السابق للمطلع المستقيم تتبع النجوم بعضها في اللور على خط نصف النهار حسب مطالعها للمستقيمة

ضبط ساعتنا اليومية

الوقت (الشمسي) أو الظاهري هو مرور مركز الشمس على خط نصف نهار الراصد ثم مرور مركزها هذا ثانية بعد مضي يوم شمسي والوقت الظاهري في أية لحظة هو الزاوية السويعية للشمس مقاساً غرباً الى اللحظة المعينة باعتبار كل ١٥° درجة من الوقت = ساعة وقد أوضحنا ضرورة استعمال اليوم الشمسي الوسطي وهو المستعمل في ساعتنا اليومية والحائطية وتضبط الساعات بالنسبة للساعة (١٢) وهي

لحظة مرور الشمس على الهاجرة عن كل يوم في السنة
وبما أن مروري مركزى الشمسى الوهميه على خط نصف النهار يمثلان اليوم
الشمسى الوسطى ويساوى ٢٤ ساعة
فالوقت الوسطى فى أى لحظة هو الزاوية السويعية لمتوسط مركز الشمس
الوهميه فى تلك اللحظه

ومن ذلك نجد أن :-

الوقت الوسطى = (الوقت الظاهرى) (+) أو (-) معادلة الوقت

رابطة خطوط الطول السماوية بالوقت .

خطوط الطول هى البعد القوسى على دائرة البروج Eoliptio بين خط طول
المكان وبين الاعتدال الربيعى وتقاس شرقا الى ٣٦٠° درجة = ٢٤ ساعة وبما أن
الزاوية السويعية للشمس فى أى لحظة وبأى مكان هى الوقت الشمسى للمكان
فالفرق بين الزاوية السويعية لجرم ما لمكانين على الارض فى نفس اللحظه هو
فرق خط الطول .

وبالرصد على الشمس فى لحظة واحدة فى مكانين يمكن الحصول على فرق
خطى الطول للمكانين

ج = وقت جرينتش

م = الوقت المحلى

ط = خط الطول

فيكون ج = (م ± ط)

وتحسب خطوط الطول (-) الى ١٨٠° درجة شرقا و (+) الى ١٨٠°
درجة غربا

ملخص الاوقات

(١) وقت نجمي

(٢) وقت ظاهري أو شمسي

(٣) وقت وسطى

مقاس السنة

السنة الشمسية هي للدة التي تدور فيها الارض حول الشمس في فلكها او هي للدة بين مرورى الشمس على متوسط الاعتدال الربيعي

والسنة حسب BESSEL = ٣٦٥٢٤٢٢ يوما شمسياً وسطياً

الوقت الوسطى والوقت الشمسي

السنة = ٣٦٦ و ٢٤٢٢ يوما نجمياً

وعلى ذلك ..

يكون اليوم النجمي = ٠٩٩٧٢٦٩٥٧ و يوما شمسياً وسطياً

ثانية دقيقة ساعة

٢٤ ساعة نجمية = ٠٩١ و ٥٦ ٢٣

(١) الساعة النجمية = (١ ساعة وسطية - ٨٢٩٦ و ٩ ثانية وسطية)

(٢) الساعة الوسطية = ١ ساعة نجمية (+) ٨٥٦٥ و ٩ ثانية نجمية

ملحوظة : جداول تحويل الساعات النجمية الى وسطية وبالعكس موجودة

« بالتقاويم السنوية NAUTICAL ALMANACS »

طريقة تحويل الوقت النجمي الى وقت وسطى وبالعكس

الوقت النجمي لجرينتش لمتوسط الظهر عند جرينتش ٢ من

التقويم الفلكي البحري والوقت الوسطى لجرينتش للظهر النجمي عند جرينتش

وارد بصحيفة ٣ من التقويم المذكور (وهو الوقت الوسطى لمرور نقطة الاعتدال الربيعي على خط نصف النهار)

ومدة الوقت الوسطى التي مضت من الوقت الوارد بالتقويم يمكن تحويلها الى مدة من الوقت النجمي واضافها للوقت الوارد بالتقويم .

وبما أن الاوقات الواردة بالتقويم هي بالنسبة لجرينتش وتواريخه فالوقت المحلي لأي مكان آخر يمكن تحويله الى وقت جرينتش للتقابل في اللحظة .

وبما أن الوقت المحلي النجمي لمتوسط الظهر المحلي يمكن الحصول عليه من الوقت النجمي لجرينتش لمتوسط الظهر عند جرينتش (صحيفة ٢ من التقويم الفلكي البريطاني) بتصحيح الآخر للفرق في الوقت بين متوسط وقت الساعة العادية ووقت الساعة التي تحفظ الوقت النجمي الذي حدث في اللدة التي مضت بين الظهر الوسطى عند جرينتش والظهر الوسطى للمكان المقصود .

والفرق بين معدل الوقت الوسطى والوقت النجمي يمكن اعتباره ٨٦ و ٩ ثانية في كل ساعة (أنظر للمعادلة نمرة (٢) - صحيفة ٥٨) والمدة التي مضت هي الفرق في خط الطول . وعليه يكون التصحيح = ٨٦ و ٩ ثانية \times (خط الطول بالساعة) .

وهذه الكمية تكون موجبة اذا كان خط الطول غربا .

وتكون سالبة « « « « شرقا

ثانية زمنية

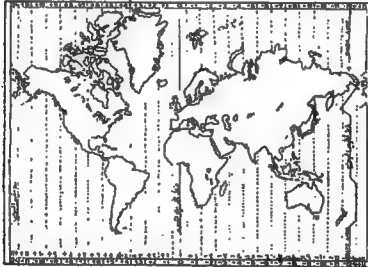
ملحوظة — لتحويل وقت وسطى شمسي الى وقت نجمي يضاف ٥٨٥٦ ر ٩ عن كل ساعة وسطية شمسية و بقسمة هذا الرقم على ٦٠ ينتج ١٦٤٢ ر ٩ ثانية زمنية يضاف لكل دقيقة ٠٢٧ ر ٠ ثانية زمنية لكل ثانية زمنية . من الوقت الوسطى .

و بالعكس لتحويل وقت نجى الى وقت وسطى شمسى يطرح ٩٨٢٩٦ ر. ثانية
ثانية زمنية عن كل ساعة نجمية و بقسمة هذا الرقم على ٦٠ ينتج ١٦٣٨ ر. ثانية
زمنية تطرح عن كل دقيقة نجمية و ٢٧ ر. ثانية زمنية تطرح عن كل ثانية نجمية

الافاق الانسانية فى الممالك المختلفة .

أخذ فى كل مملكة خط طول معين بالنسبة لجرينتش كاساس للوقت واليه
تنسب جميع الاوقات حتى لا تدور الساعات فى البلاد المختلفة فى المملكة على أوقات
مختلفة فالوقت الاساسى فى مصر هو بالنسبة لخط طول ٣٠ درجة وهى ساعتان
قبل وقت جرينتش ويضرب المدفع يومياً بالقاهرة على الظهر (وقت مدنى)
بأشارة كهر بائية من المرصد بجولان على حساب الوقت الوسطى لساعة المرصد

خريطة مصر على الزمان . فى الممالك المختلفة وسطا صغرى على الزمان والوقت
بالنسبة لوقت جرينتش . الوسطى القديم (+) والآخر (-)



شكل ٢٥

الفصل الخامس

التقويم النجمي الأمريكي والتقويم البحري وفهرست النجوم

The American Ephemeris, and Nautical Almanac, star catalogues

المفروض أن الصعود المستقيم والميل معروفان للحاسب ويشملان نتائج محسوبة من أرصاد بالآلات كبيرة أخذت من مراصد وطبعت على نفقة الحكومة في المطبوعات الآتية :

- (1) American Ephemeris & Nautical Almanac (U. S. A. Navy)
- (2) Nautical Almanac (Great Britain)
- (3) Berliner Astronomisches Jahrbuch (Germany)
- (4) Connaissance des Temps (France)
- (5) Almanaque Nautico (Spain)

والتقويم الأمريكي يشمل احداثيات الشمس والقمر والكواكب والنجوم وكذا انصاف أقطارها واختلاف مناظرها ومعادلة الوقت والمعلومات اللازمة للمستفيدين بالفلك العملي وينقسم الى ثلاثة أقسام :

الاول - يشمل معلومات عن الشمس والقمر والكواكب بالوقت المدني عند غرينتش عند الساعة (صفر) التي هي نصف الليل عادة أو أول اليوم المدني وكانت تعطى هذه للمعلومات قبل سنة ١٩٢٥ عن الظهر الوسطى عند غرينتش .

الثاني - يشمل جداول مواقع النجوم وما يتعلق بها منسوبة الى خط نصف النهار (Meridian) عند للرصد البحري الأمريكي في واشنطن ١٥٧٨ ثانية ٨ دقائق ٥ ساعه غرب غرينتش) وذلك في لحظة مرور هذه النجوم .

الثالث - يشمل كل البيانات والمعلومات المطلوبة لحساب التنبؤ بحسوف القمر وكسوف الشمس وكذلك للكواكب والنجوم وفي نهاية المجلد توجد جداول

قيمة المساحين بهامقادير الاحداثيات وغيرها من الجداول مما هو مدون في التقويم فانه منسوب اللحظة معينة عند (غرينتش) أو (واشنطن) وكذلك سرعة تغييرها أو اختلافها في الساعة فانه منسوب لتلك اللحظة .

وسرعة التغير هي عبارة عن الماملات التفاضلية (Differential Coefficients) عن القيم المدونة للعوامل أما اذا لزم إيجاد القيمة عن أى لحظة أخرى فمن الضروري معرفة وقت غرينتش عن تلك اللحظة .

وتوجد جداول عن المواقع الظاهرية للنجوم التي تحوم حول القطب وغيرها وتشمل هذه الجداول احداثيات يومية عن النجوم التي تحوم حول القطب وعن كل عشرة أيام عن النجوم الأخرى ونظراً لمبادرة الاعتدالين (Precession of the Equinoxes) فانه يتسبب منها اختلاف سريع في الصعود للمستقيم للنجوم التي تحوم حول القطب وبغير انتظام أكثر منه في النجوم التي بالقرب من خط الاستواء ولذا أعطيت الاحداثيات في مدد معددة .

وفي الجزء الثاني من التقويم يوجد جدول عن « تكبد القمر » Moon Culminations ويشمل للمعلومات اللازمة لإيجاد خط الطول برصد القمر عند مروره على خط نصف النهار .

والجداول التي نهاية التقويم هي : -

جدول (١) لإيجاد خط العرض وذلك بإيجاد إرتفاع النجمة القطبية .

(٢) تحويل الوقت النجى الى وقت وسطى شمسى

(٣) تحويل وقت وسطى شمسى الى وقت نجى

(٤) خط شمال النجمة القطبية عند كل زاوية سوية

(٥) خط شمال النجمة القطبية عند أقصى مدى (Elongation)

(٦) تحويل الارصاد الى أقصى مدى من أرصاد قريبة من أقصى للمدى

- (٧) إيجاد وقت مرور النجمة القطبية على خط نصف النهار بالرصد
(٨) وقت التأكيد العلوى وأقصى مدى الخ وجداول أخرى

الفهرس النجمى

من الفهارس النجمية ما هو مؤسس على سنة ١٨٩٠ ومنها ما هو على سنة ١٩٠٠ وبها معلومات عن تحويل الكيات الى اللوق الوسطى عن أى سنة أخرى . واللوق الوسطى لنجم هو نسبته للاعتدال الوسطى فى أول السنة أى أنه اللوق الذى يشغله النجم فيما لو لم يتأثر موقعه بالتأثيرات البسيطة الناتجة عن العوامل الزمنية بسبب عوامل مبدارة الاعتدالين

والسنة المتخذة فى هذه العمليات هى سنة وهمية معروفة باسم مبتكرها (بسل — Bessel) وأولها عند ما يكون خط طول الشمس الوسطى (قوس من دائرة البروج) على بعد ٢٨٠° أعنى عندما يكون صعوده المستقيم عن الشمس الوسطية ١٨ ساعة و ٤٠ دقيقة وذلك فى أول يناير

وبعد ما يحول اللوق المدون بالفهرس الى اللوق الوسطى فى مبدأ السنة يستلزم تحويلا آخر الى اللوق الظاهرى عن التساريخ بالضبط وذلك باستعمال المعادلات والجداول للدونة فى الجزء الثانى من التقويم .

توجد نجوم لا ترد ضمن التقويم الفلكى البحرى لكنها واردة ضمن بعض الفهارس كـ فهرس بوس وطريقة تحويل احداثياتها من تاريخ الفهرس الى تاريخ الرصد مبينة فى مثال محول عن النجم رقم ٣٦٨ بهذا الفهرس بمساعدة التقويم النجمى عن سنة ١٩٢٥ وهى سنة الرصد

وهذه الطريقة كانت مستعملة برصد حلوان ولا تزال مستعملة فى الاعمال الجيودتية المصرية

تحويل احداثيات النجم نمرة ٣٦٨ بفهرس بوس النجمى الى تاريخ الرصد
وهو يوم ١٢ يناير سنة ١٩٢٥ عند وقت غرينتش الوسطى الساعة ١٦
مقادير مأخوذة من بوس عن الصعود المستقيم للنجم المذكور

ساعة	ق	ثانية	
١	٣٤	٣٩٧٤	متوسط الصعود للمستقيم

مبادرة الاعتدالين

+	١	٢٩٥٣	(٣٥٨١٢ +)
---	---	------	-----------

(الاختلاف)
في مائة سنة \times (زمن^٢)

٢٠٠

+	٠١٢		(٠٤٠١٠ +)
.	.		الحركة للضبوطه

ساعة	ق	ثانية	
١	٣٦	٩٣٩٦	متوسط الصعود للمستقيم

مقادير مأخوذة من التقويم النجمى عن سنة ١٩٢٥

$G = 119^{\circ} 30'$

$a = 24^{\circ} 02'$

$G + a = 143^{\circ} 32'$

عدد طبيعي	لوغاريتم	f
٠.٦٠٠ ثانية	٩٠٠٤	لو g
	١٧٧٤٠	لو (a + G)
	١٩٦٨٤	لو ظا (الليل)
	٢٨٢٣٩	متمم لوطا (١٥)
٠.٢٩٣ +	١٤٦٦٧	
	١٣٠٦٢	لو (h)
	٢٨٠٩٨	لو جا (a + H)
	٠.١٣٥٣	لو ظا (الليل)
	٢٨٢٣٩	متمم لو (١٥)
٠.١١٩	١٠٧٥٢	
		td (o)
— ٠.١٨٨		و (الصعود المستقيم)

ساعة ق ثانية

الصعود المستقيم الظاهري يوم ١٢ يناير سنة ١٩٢٥ ١ ٣٦ ٠.٢٠٨

مقادير مأخوذة من فهرس بوس النجمي عن الليل الجزئي للنجم المذكور

متوسط الليل ٠.٢٤٥ ٤٧ ٤٢

مبادرة الاعتدالين (١٨٣٢٣ +) ٧ ٠.٢٨٠٨ +
٠.٢٤٢ ٥٥ ٠.٨٥٣

٤٢ ٥٥ ٨٠٣

ما قبله

$$\frac{(\text{الاختلاف في}) \times (\text{زمن}^2)}{\text{مائة سنة}} \\ ٢٠٠$$

٠٦٨ -

(٢١٨ ر)

..... الحركة المضبوطة

٤٢ ٥٥ ٧٨٥

متوسط الليل

$$H = ٣٣٩^{\circ} ٤٠'$$

$$a = ٢٤^{\circ} ٠٢'$$

$$H + a = ٤٢^{\circ} ٠٠٣'$$

(عدد طبيعي)

لوزاريم

٩٠٠٤ ر

لو « g »

٩٠٥٤ (g + a) جتا

(٦٤١ ر)

٨٠٥٨ ر

٣٠٦٢ ر

لو « h »

٩٩٩١ (H + a) جتا

٨٣٣١ ر

لو ح = ١٥

١٣٧٥

١٣٨٤ ر

٤٨٤٣ ر

لو (i)

٨٦٤٧ ر

لو جتا (لليل)

٢٢٣ -

٣٤٩٠ ر

$$٠٣٨ - = \text{odt}$$

و (اليل)

٠١١ +

٤٢ ٥٥ ١٢٩٦

الميل الظاهري يوم ١٢/١/١٩٢٥

شكل الارض

شكل الأرض هو القطع الناقص الدوراني وقطرها الأصغر هو قطر محور الدوران ولو أن حقيقة شكلها يختلف قليلا عن ذلك إلا أنه يمكن التجاوز عن هذا الفرق في الأعمال الفلكية المعتادة وعليه تعتبر خطوط الطول شكل قطع ناقص وخط الاستواء وخطوط العرض دوائر مضبوطة ويمكن اعتبار الأرض كرة في المسائل للملاحة والفلكية للمساحية المادية المرصودة بالآلات صغيرة بدون خطأ كبير

الجدول حسب حساب كلارك سنة ١٨٦٦

عن شكل الأرض وهو المستعمل في مساحة بريطانيا العظمى

خط العرض مقاس بالكيلومتر	خط الطول مقاس بالكيلو	خط العرض مقاس بالكيلومتر	خط الطول مقاس بالكيلو
صفر	١١١٣٢١	صفر	١١٠٥٦٧
١٠°	١٠٩٦٤١	١٠° - ١١°	١١٠٦٠٤
٢٠°	١٠٤٦٤٩	٢٠° - ٢١°	١١٠٧٠٥
٣٠°	٩٦٤٨٨	٣٠° - ٣١°	١١٠٨٥٧
٤٠°	٨٥٣٩٦	٤٠° - ٤١°	١١١٠٤٢
٥٠°	٧١٦٩٨	٥٠° - ٥١°	١١١٢٣٩
٦٠°	٥٥٨٠٢	٦٠° - ٦١°	١١١٤٢٣
٧٠°	٣٨١٨٨	٧٠° - ٧١°	١١١٥٧٢
٨٠°	١٩٣٩٤	٨٠° - ٨١°	١١١٦٦٨
٩٠°	صفر	٨٩° - ٩٠°	١١١٦٩٩

عوامل القطع الناقص الدوراني Elements of Spheroid of Revolution

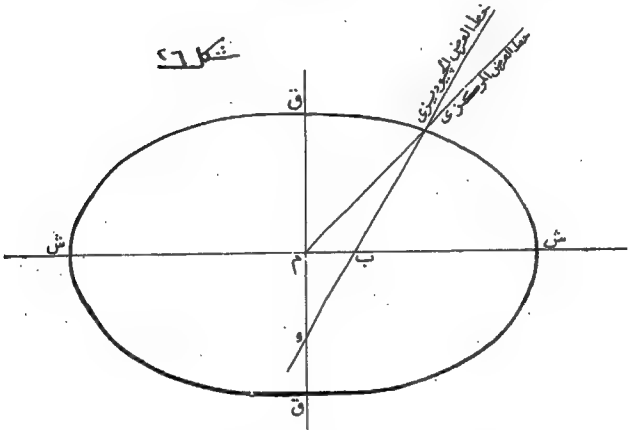
حساب بسل	حساب كلارك	
١٨٤١	١٨٦٦	
Bessel	Clarke	
٦٣٧٧٣٩٧٢	٦٣٧٨٢٠٦٤	القطر الأكبر
٦٤٥٦٠٧٩٠	٦٣٥٦٠٨٣٨	القطر الأصغر
٠.٠٨١٦٩٧	٠.٠٨٢٢٧١	الأكسنتريكية (e)
١	١	الانبعاج = $\frac{\text{القطر الأكبر} - \text{القطر الأصغر}}{\text{القطر الأكبر}}$
٢٩٩١٥	٢٩٤٩٨	

لتعيين نقطة على سطح الأرض بواسطة الاحداثيات الكروية يوجد ثلاثة أنواع من خط العرض (Latitude)

(١) خط العرض الفلكي وهو ما يرصد بالتمويل على اتجاه الجاذبية كما يدل عليه ميزان المياه وهو الزاوية الحادثة بين الرأسى أو خط (خط الشاغل) وبين مستوى خط الاستواء

(٢) خط العرض الجيوديزى وهو الذى ينتجه الاتجاه الرأسى على سطح الكرة (Sphere) أو سطح القطع الناقص الدوراني (Ellipsoid) ويختلف فى كل مكان عن خط العرض الفلكى بكمية صغيرة تقريباً ٣" وربما وصل أحياناً الى ٣٠" ويسمى فى العرف الجيوديزى (بانحراف خط الشاغل المحلى) Local deflection of the plumb line أو خطأ المحطة أعنى خطأ (نقطة الرصد) وهو المقاس للبائس الحقيقية السطح فى اختلافه عن القطع الناقص الدوراني (Ellipsoid of Revolution) ومن ذا يتضح أن خط العرض الجيوديزى لا يمكن رصده وإنما يمكن حسابه

(٣) خط العرض المركزي وإذا رسم خط من أى نقطة على سطح الارض (أنظر الشكل ٢٧) فالزاوية الحادثة بين الخط ومستوى خط الاستواء يقال لها خط العرض المركزي Geocentric Latitude



وفي الشكل (١د) عمودى على سطح الكرة والزاوية (ا ب ش) هي خط العرض الجيوديزي وخط خيط الشاغل أو خط الجاذبية عند النقطة (ا) ينطبق تقريباً مع (ا ب) وليكن (ا ب') والزاوية الحادثة (ا ب' ش) مع خط الاستواء هي خط العرض الفلكي عند النقطة (ا) والزاوية (ا م ش) هي خط العرض المركزي (Geocentric Latitude)

والفرق بين خط العرض المركزي وخط العرض الجيوديزي هو الزاوية (ب ا م) ويقال لها الزاوية الرأسية أو معامل خط العرض

وخط العرض المركزى يختلف عن خط العرض الجيوديزى بمقدار ٣٠ ١١
فى خط عرض ٤٥° الى صفر عند خط الاستواء والقطبين
وبعد الرصد لايجاد خط العرض الفلكى على سطح الارض تحول هذه
المقاسات الى ما يقابلها عند مركز الارض قبل ادخالها فى العالم الاخرى النسوبة
للمركز الأرضى وبهذا التحويل يمكن استعمال خط العرض للمركزى عند الحاجة
الى مزيد الدقة ويسهل باستعمال جداول المستر كريج صحيفة ٧٤ جدول نمرة ٢
(Survey Paper 18) للطبوعة بمطبعة الحكومة المصرية سنة ١٩١٠
ويكنى للارصاد المادية أن تعتبر الارض كرية عند التحويل من خط
عرض الى خط عرض من نوع آخر

الفصل السادس

تصحيح الرصد

انكسار الضوء Refraction

الانكسار المقابل للبعد السمى الظاهرى يختلف باختلاف درجة الحرارة وضغط
الجو وهو ٣٤ ١٧ عند ما يكون البعد السمى الظاهرى (صفر°) . ويكون
الانكسار معدوما عند ما يكون البعد السمى الظاهرى ٩٠° درجة ويوجد جدول
للانكسار الضوئى بالصنحات ٢٧٩ - ٢٨١ من ارشادات السائحين « الطبعة
العاشره » الجزء الأول من مطبوعات الجمعية الجغرافية للملوكة البريطانية جزء أول

اختلاف للنظر الأقى للشمس (Parallax)

الاختلاف ناشئ من رصد الانسان للشمس وهو على سطح الأرض بينما
الارقام المستعملة - بالتقويم الفلكية والتي يعول عليها فى رصد الشمس هى بالنسبة
لمركز الارض ولذا يجب التصحيح كالآتى :-

ارتفاع الست	اختلاف المنظر الأفقى للشمس	ارتفاع الست	اختلاف المنظر الأفقى للشمس
صفر	» ٩ ثانية قوسية	» ٦ »	» ٥٠°
١٠°	» ٩ »	» ٤ »	» ٦٠°
٢٠°	» ٨ »	» ٣ »	» ٧٠°
٣٠°	» ٨ »	» ٢ »	» ٨٠°
٤٠°	» ٧ ثانية »	» صفر ثانية قوسية	» ٩٠°

انحراف النور (Abberation)

الانحراف هو تغيير فى المكان الظاهرى لجرم سماوى حادث من حركة الارض مدة انتقال النور من ذلك الجرم الينا ومكان الجرم الظاهر كائن وراء مكانه الحقيقى بمقدار ذلك الانحراف .

مبادرة الاعتدالين Precession of the Equinoxes

يقصد بها انتقال تقاطع دائرة البروج مع خط الاستواء شيئاً فشيئاً من الشرق الى الغرب . ويلاحظ عند تعيين خط طول النجم وعرضه أن خط الطول قد زاد وخط العرض باق على ما كان عليه من قبل حتى ولو بعد مئتي سنين عليه .

الكبو Nutation — أن مبادرة الاعتدالين ودوران قطب خط الاستواء حول

قطب دائرة البروج يحصل من جاذبية الشمس والقمر لأجزاء الارض الاستوائية وذلك حول الهليولية « Heliocentric » وأعظم الجاذبية عند ما تكون الشمس فى المدارين . وعدمها عند ما تكون الشمس فى الاعتدالين . ويحدث هذا تغييراً مستمراً فى ميل دائرة البروج على خط الاستواء فينتج من ذلكذبذبة قطب خط الاستواء بالنسبة لقطب دائرة البروج وتسمى هذه الحركة بالكبو .

تصحیح اختلاف المنظر Parallax

ص = الراصد ش = الشمس م = مركز الارض

ش = موقع الشمس الحقيقي

ص ش م = زاوية تصحيح اختلاف للمنظر

م ص = نصف قطر الارض فيما لو كانت دائرية لكنها بيضية الشكل

م ش = بعد الشمس عن الارض

فيكون :

$$\text{حا} (\text{ص ش م}) = \text{حا} (\text{م ص ش}) \times \frac{\text{م ص}}{\text{م ش}}$$

ومن هذا يتضح أن اختلاف المنظر هو صفر عند سمت الرأس وأكبرها

قيمة عند ما تكون الشمس على الافق والمعادلة هي عند ما تكون

$$(\text{س ص ش}) = 90^\circ \text{ درجة}$$

$$\text{حا} (\text{ص ش م}) = \left(\frac{\text{م ص}}{\text{م ش}} \right)$$

ولتصحیح الارتفاع (ص ش م) يجب عمل حساب أقصى قيمة لاختلاف

المنظر الاقنى على الافق فاذا وضعنا $\frac{\text{م ص}}{\text{م ش}} = \text{ز} = \text{زاوية اختلاف للمنظر}$

الاقنى للشمس .

فيكون $\text{حا} (\text{م ش م}) = \text{جا} (\text{ز جتا} (\text{الارتفاع الظاهري}))$

ولكون (ص ش م) ، (ز) صغيرتين فيكون الخطأ تقريباً معدوماً إذا

استبدلت (حا) بمقياس القوس وتصحيح للمعادلة

$$(\text{ص ش م}) = \text{ز} \times \text{جتا} (\text{الارتفاع الظاهري}).$$

اختلاف نصف قطر الشمس كالاتي (Sun's semi diameter) :

١٥	٤٦	أول يوليو	١٦	١٨	أول يناير
١٥	٤٧	أول أغسطس	١٦	١٦	أول فبراير
١٥	٥٣	أول سبتمبر	١٦	١٥	أول مارس
١٦	١	أول أكتوبر	١٦	٢	أول أبريل
١٦	٩	أول نوفمبر	١٥	٥٤	أول مايو
١٦	١٥	أول ديسمبر	١٥	٤٨	أول يونيه

أما مقدار انخفاض الاق (Dip) بالنسبة لارتفاع عين الراصد عن سطح الارض فيختلف باختلاف ارتفاع عين الراصد عن سطح الارض أنظر الجدول الآتي : —

ارتفاع عين الراصد	انخفاض الاق		فروقات	ارتفاع عين الراصد	انخفاض الأفق		فروقات
	دقيقة قوسية	ثانية قوسية			دقيقة قوسية	ثانية قوسية	
٦٠٠	٣٠	٤	٢٣	١٠٠	٠٠	٠٠	٠٠
٧٠٠	٥٢	٤	٢٢	٢٠٠	٢٠	١	٨٠
٨٠٠	١٢	٥	٢٠	٣٠٠	٥٠	١	٣٠
٩٠٠	٣١	٥	١٩	٤٠٠	١٤	٢	٢٤
١٠٠٠	٤٩	٥	١٨	٥٠٠	٣٦	٢	٢٢
١١٠٠	٦	٦	١٧	٦٠٠	٥٥	٢	١٩
١٢٠٠	٢٢	٦	١٦	٧٠٠	١١	٣	١٦
١٣٠٠	٣٨	٦	١٦	٨٠٠	٢٦	٣	١٥
١٤٠٠	٥٣	٦	١٥	٩٠٠	٤٠	٣	١٤
١٥٠٠	٧	٧	١٤	١٠٠٠	٥٤	٣	١٤
١٦٠٠	٢١	٧	١٤	١١٠٠	٧٧	٤	١٣

ارتفاع عين الراصد	انخفاض الأفق		فروقات	ارتفاع عين الراصد	انخفاض الأفق		فروقات
بالمتر	دقيقة قوسية	ثانية قوسية	ثانية	بالمتر	دقيقة قوسية	ثانية قوسية	ثانية
٣٩ر٠٠	٢٨	١١	٩	١٧ر٠٠	٣٥	٧	١٤
٤٠ر٠٠	٣٧	١١	٩	١٨ر٠٠	٤٨	٧	١٣
٤١	٤٦	١١	٩	١٩ر٠٠	١	٨	١٣
٤٢	٥٥	١١	٩	٢٠ر٠٠	١٣	٨	١٢
٤٣	٣	١٢	٨	٢١ر٠٠	٢٥	٨	١٢
٤٤	١١	١٢	٨	٢٢ر٠٠	٣٧	٨	١٢
٤٥	٢٠	١٢	٩	٢٣ر٠٠	٤٩	٨	١٢
٤٦	٢٨	١٢	٨	٢٤ر٠٠	٠٠	٩	١١
٤٧	٣٦	١٢	٨	٢٥ر٠٠	١١	٩	١١
٤٨	٤٤	١٢	٨	٢٦ر٠٠	٢٢	٩	١١
٤٩	٥٢	١٢	٨	٢٧ر٠٠	٣٢	٩	١٠
٥٠	٠٠	١٣	٨	٢٨ر٠٠	٤٣	٩	١١
٥٥	٣٨	١٣	٣٨	٢٩ر٠٠	٥٣	٩	١٠
٦٠	١٤	١٤	٣٦	٣٠ر٠٠	٤	١٠	٩
٦٥	٤٩	١٤	٣٥	٣١ر٠٠	١٤	١٠	١٠
٧٠	٢٣	١٥	٣٤	٣٢ر٠٠	٢٣	١٠	٩
٧٥	٥٥	١٥	٣٢	٣٣ر٠٠	٣٣	١٠	١٠
٨٠	٢٦	١٦	٣١	٣٤ر٠٠	٤٣	١٠	٩
٨٥	٥٧	١٦	٣١	٣٥ر٠٠	٥٢	١٠	٩
٩٠	٢٦	١٧	٢٩	٣٦ر٠٠	١٠	١١	٩
٩٥	٥٥	١٧	٢٩	٣٧ر٠٠	١٠	١١	٩
١	٣٢	١٨	٢٨	٣٨ر٠٠	١٩	١١	٩

البُصَيِّلُ السَّابِعُ

الابراج الفلكية للنجوم

الابراج :

ليس هذا الموضوع جزء من دراسة الفلك العملي لان النجوم يمكن الاهتداء اليها بواسطة الاحداثيات (راجع فصل تعيين موقع الجرم على الكرة السماوية بمعرفة ارتفاع النجم وخط شماله في وقت معين الخ)
واذا وضع الراصد تيودليته في خط نصف النهار وعرف خط عرضه والوقت المحلى أمكنه أن يميز النجوم عند مرورها على خط نصف النهار بواسطة أوقاتها وارتفاعاتها عند مرورها العلوى

طريقة تسميتها :

السما مقسمة بطريقة عرفية عند الفلكيين الى مساحات غير منتظمة ومجموعة النجوم داخل هذه المساحات تسمى برجاً ويميزها الحروف الابجدية اليونانية عند الافرنج في كل مساحة حسب درجة لمعتها (فالالف) للدرجة الاولى (والباء) للدرجة الثانية وهكذا وتسمى البروج بأسماء لاتينية فالذب الاصفر هو (Ursa Minor) والذب الاكبر (Ursa Major)

وعند ما يوجد توأمان من النجوم بالقرب من بعضهما فيرمز لها بالارقام حسب ترتيب مرورهما على خط نصف النهار

درجات النجوم

يعتبر أشد النجوم لمعانا من درجة (١) والاقبل منه درجة (٢) وهكذا ولا يمكن تمييز النجوم التي من الدرجة الخامسة إلا بواسطة تليسكوب .

الابراج حول القطب

الابراج حول القطب هي مرشدة المساح في نصف الكرة الشمالى بهتدى الى القطب بالنجمة القطبية وهي ضمن برج الدب الاصفر الرموز لها (بالف) من الأحرف اليونانية وكانت على بعد ١٠٦° من القطب تقريباً سنة ١٩٢٥ وهذه المسافة أخذت في النقص بمقدار $\frac{1}{2}$ كل سنة حتى يأتي عليها وقت بعد قرون تكون بالقرب من القطب السماوى الشمالى .

والنجم (ب) من برج ذات الكرسي B Cassiopeiae وهو الجزء الأعلى من الركن الايمن من حرف w بالقرب من القطب في الجزء المقابل للنجمة القطبية وصعوده المستقيم صفر ساعة ودائرته السويمة تمر بالاعتدال الربيعى فيمكن بالنظر الى هذا النجم تقدير الوقت النجمى المحلى بمساعدة النجمة القطبية

منطقة البروج

هي منطقة تكتنف دائرة البروج من جانبيها وعرضها من كل جانب ٨° وهي التى تسير فيها السيارات المنتسبة للنظام الشمسى

خريطة الابراج السماوية ونجومها مبين عليها الصعود المستقيم من الساعة (صفر) الى الساعة (٢٤) على خط الاستواء وكذا دوائر الليل كل ١٠° درجات من الصفر الى ٩٠° والخريطة مكونة من نصف الكرة السماوى الشمالى ونصف الكرة السماوى الجنوبى انظر شكل « السماء ذات البروج » صفحة ٧٨ مكرر
الصعود المستقيم. التقريبى لنقطة على خط نصف النهار يمكن إيجادها في أى

وقت كالآتى : -

احسب الصعود المستقيم للشمس بحساب ساعتين عن كل شهر أو أربع دقائق عن كل يوم مضى من يوم (٢٣) مارس مع ملاحظة أن الصعود المستقيم للشمس

أخذ في الزيادة ثم أضف هذا الصعود المستقيم الى (١٢) للوقت الحلى المبنى فيعطى الوقت النجوى أو الصعود المستقيم لنجم على خط نصف النهار

مثال ذلك

$$\begin{array}{rcl} \text{يوم (١٠)} & \text{أكتوبر الصعود المستقيم للشمس هو} & ٦ \times ٢ + ١٧ \times ٤ \\ & \text{دقائق ساعة} & \text{ق ساعة} \\ = ٠٨ \text{ } ١٣ & \text{وهو الصعود المستقيم للشمس} & + ١٢ \text{ ساعة} = (٨ \text{ } ٢٥) \text{ أو} \\ & \text{ق ساعة} & \\ (٨ \text{ } ١) & \text{في الساعة التاسعة (٩) من الوقت للمبنى الحلى} & - \text{أى ساعة ٢١} - \end{array}$$

فعلیه يكون

$$\begin{array}{rcl} \text{ق ساعة} & \text{ساعة} & \text{ق ساعة} \\ ٨ \text{ } ١ & + & ٢١ = ٠٨ \text{ } ٢٢ \end{array}$$

فأى نجم هذا صموده للمستقيم يكون قريباً من خط نصف النهار في الساعة التاسعة مساءً

الكواكب

إذا وجد نجم لامع بالقرب من دائرة البروج وموقعه لا يماثل موقع نجم على

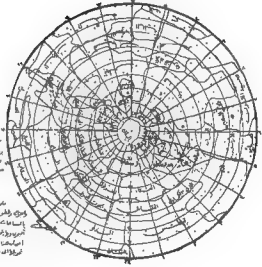
الخريطة النجمية للبروج فهو كوكب محمد الشمس

كوكب الزهرة لامع جداً وليس بعيداً أو يرى تارة شرق الشمس وأخرى

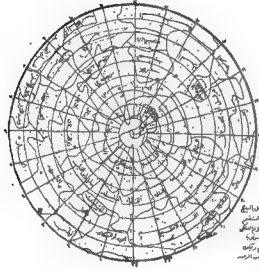
غربها قبل شروق الشمس قليلاً أو بعد غروبها بقليل

وكوكب المريخ أحمر اللون ويظهر عليه سطح دائري

صفحة
الكرة الأرضية المخرجة



صفحة
الكرة الأرضية المخرجة



هذا العالم من حيث هو
موجز من كتاب الجغرافيا
التي هي من كتب الجغرافيا
التي هي من كتب الجغرافيا
التي هي من كتب الجغرافيا

هذا العالم من حيث هو
موجز من كتاب الجغرافيا
التي هي من كتب الجغرافيا
التي هي من كتب الجغرافيا
التي هي من كتب الجغرافيا

أبراج نصف الكرة السماوية الشمالية

حسب خريطة « السماء ذات البروج »

Canes Venatici	السنجاب (٢٢) كلاب الصيد	Cassiopeia	(١) ذات الكرسي
Coma Berenices	الشعر (٢٣) ذات الثور	Andromeda	(٢) المرأة للسلسلة
Virgo	السفراء (٢٤) السنبلة	Pisces	(٣) الحوت أو السمكتان
Cameleopardalis	(٢٥) الزرافة	Cepheus	(٤) الملتهب (فيفاريم)
Lynx	(٢٦) عناق الأرض (الفهد)	Lacerta	(٥) السقاية
Cancer	(٢٧) السرطان	Pegasus	(٦) القرس الأعظم
Hydra	* ثعبان البحر / السحرة	Draco	(٧) التنين
Auriga	(٢٩) ذو العنان / مسكك الأشعة	Cygnus	(٨) البجعة المدحاجم
Gemini	الجوزاء / التوأمين	Vulpecula	(٩) الثعلب / أم الفؤاد
Canis Minor	(٣١) الكلب الأصغر	Delphinus	(١٠) الدلفين
Monoceros	(٣٢) وحيد القرن	Equuleus	(١١) قطعة القرس
Perseus	فرساوس (٣٣) حامل رأس الغول	Lyra	(١٢) السلياق / السر الدقير
Taurus	(٣٤) الثور	Sagitta	(١٣) السهم
Orion	(٣٥) الجبار	Aquila	(١٤) العقاب / السر الحائر
Triangulum	(٣٦) المثلث	Heracles	(١٥) الجاني هرقول
Aries	(٣٧) الحمل	Ophiuchus	(١٦) الحواء
Cetus	(٣٩) قيطس / الحوت	Ursa Minor	(١٧) الدب الأصغر
Leo Minor	(٣٩) الأسد الصغير	Corona	(١٨) الأكليل الشمالي
Leo	(٤٠) الأسد	Borealis	الشمسة
Sextans	(٤١) السكستانت (الدرج)	Serpens	(١٩) الحوية
		Bootes	(٢٠) العواء / البصائر
		Ursa Major	(٢١) الدب الأكبر

* حية البحر - وصورها (الصفحة) كتبها غليظ

أبراج نصف الكرة السماوية الجنوبية

حسب خريطة « السماء ذات البروج »

Chameleon	الحرباء (٢٢)	Octans	البكترة (١)
Argo	السفينة (٢٣)	Toucan	تواكان (٢)
Piscis volans	السماك الطائر (٢٤)	Phoenix	العنقاء (٣)
Malus	المصري (٢٥)	Sculptor	مصلح الصور (٤)
Antlia	الآلة للفرغة (٢٦)	Cetus	قبطس (٥)
Hydra	ثعبان البحر (الاستعياح) (٢٧)	Pisces	السمكتان (٦)
Musca	النحل (٢٨)	Hydrus	ثعبان البحر الجنوبي (٧)
Crux	الصليب (٢٩)	Eridanus	النهر (٨)
Centaurus	قنطورس (٣٠)	Fornax	الفرن الكيماوي (٩)
Crater	الباطية (الكوب) (٣١)	Horologium	الساعة ذات البنول (١٠)
Sextans	سكستانس (المنجنيق) (٣٢)	Reticulum	الشبكة (١١)
Leo	الأسد (٣٣)	Mensa	مائدة السيد (١٢)
Corvus	الغراب (٣٤)	Nubecula Major	غشا العين (١٣)
Virgo	السنبلة (٣٥)	Dorado	السماك السيفي (١٤)
Apus	الرجل أيس (٣٦)	Caelum	السماء (١٥)
Triangulum	المثلث الجنوبي (٣٧)	Columba	الطامة (١٦)
Australis	الجنوبي (٣٨)	Lepus	الأرنب (١٧)
Circinus	البوصلة (٣٩)	Orion	الجبار (١٨)
Lupus	الذئب (٣٩)	Pictor	المصور (١٩)
Libra	الليزان (٤٠)	Canis Major	الكلب الأكبر (٢٠)
Ara	المجرة (٤١)	Monoceros	ذو القرن الوحيد (٢١)
Norma	الزوجة (٤٢)		

Aquila	(٥١) العقاب	Scorpio	(٤٣) القرب
Indus	(٥٢) الهندي	Ophiuchus	(٤٤) الحواء
Microscopum	(٥٣) الميكروسكوب	Pavo	(٤٥) الطاووس
Piscis Australis	(٥٤) الحوت الجنوبي	Telescopium	(٤٦) النظارة الفلكية
Capricornus	(٥٥) الجدي	Corona Australis	(٤٧) الاكليل الجنوبي
Grus	(٥٦) الغرناق	Sagittarius	(٤٨) الرامي (القمح)
Aquarius	(٥٧) الدلو	Scutum	(٤٩) الدرع
		Serpens	(٥٠) الحوية

أوقات مرور النجوم على خط نصف النهار

المطلوب معرفة ما يمر من النجوم على خط طول الراصد (خط نصف نهاره)
ما بين الساعة (٧ و ١٠ مساءً) وقت وسطى محلي

قاعدة تقريبية

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{الصعود للمستقيم} \\ \text{للنجم المراد رصده} \\ \text{بالتقريب} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{الوقت النجمي} \\ \text{عند منتصف} \\ \text{الليل} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{٧ الى ١٠} \\ \text{وقت وسطى} \\ \text{محلي} \end{array} \right\}$$

قاعدة مضبوطة لوقت مرور النجم على خط نصف النهار

$$+ \left\{ \begin{array}{l} \text{الوقت الذي مضى من} \\ \text{منتصف الليل عند غرينتش} \\ (٢) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{مجموعة الاوقات} \\ \text{عن الشمس} \\ (١) \end{array} \right\}$$

$$\begin{aligned}
 & + \left\{ \begin{array}{l} \text{تصحيح الساعة على وقت} \\ \text{غرينتش الوسطى بالزائد} \\ \text{(+) عند تأخير الساعة} \end{array} \right\} \quad (٤) \\
 & + \left\{ \begin{array}{l} \text{الوقت النجمي لغرينتش} \\ \text{عند منتصف الليل} \end{array} \right\} \quad (٣) \\
 & + \left\{ \begin{array}{l} \text{خط طول المكان بالزائد} \\ \text{(+) اذا كان شرقاً} \end{array} \right\} \quad (٥)
 \end{aligned}$$

الوقت = الصعود للمستقيم للنجم - مجموعات الاوقات عن الشمس

$$(٦) = (٧) - (١) \dots \dots \dots$$

$$\text{للمعادلة الاولى (١) } = (٢) + (٣) + (٤) + (٥)$$

$$\text{للمعادلة الثانية ٦ } = (٧) - (١)$$

الفصل الثامن

تعيين موقع نجم على الكرة السماوية

بقياس ارتفاعه وانحرافه عن خط الشمال في وقت معين

نحصل من التقويم الفلكي على صعود النجم المستقيم وميله ويمكن تحويلهما بالحساب الى ارتفاع وانحراف عن خط الشمال

(١) معلوم لدينا خط عرض ووقت مكان الرصد والصعود المستقيم والليل لنجم والمطلوب إيجاد ارتفاعه وانحرافه عن خط الشمال

ق = P = القطب

ن = s = النجم

ص = z = السمت

الخط المثل خط نصف النهار هو (اس ق ب)

صل (س) مع (ن) بدائرة عظيمة تقطع الافق في (ف)

سراحد الاغراف عليه السلام

البرنامه

البرق

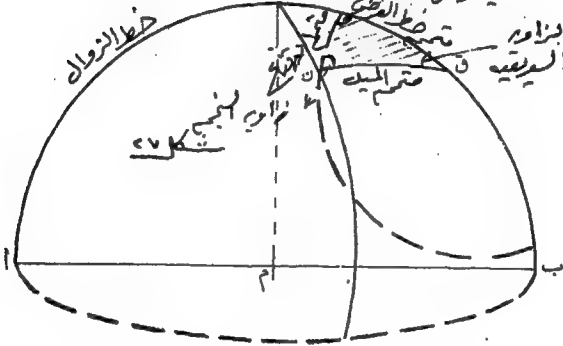
المسألة

5

ك

43

۷۷



وإذا علم الوقت الحلى يمكن حساب الوقت النجمى — وقد تلاحظ لنا مما سبق بأن الصعود المستقيم للنجم هو وقته النجمى عند مروره على خط نصف النهار وعليه الفارق بين الوقت النجمى عند الرصد (لحظة الرصد) والصعود المستقيم للنجم يعطى الفترة بين مرور النجم على الهاجرة (خط نصف النهار) وميعاد الرصد مقدراً بالوقت النجمى أعنى أن تحوّلها إلى درج ودقائق وثوان يعطى الزاوية السويعية (ن ق س) للنجم

فاذا كان الوقت النجمي في ميعاد الرصد أقل من البصعود المستقيم للنجم

فالفرق يعطى الزاوية السويعية (ن ق س) غرباً

وفى المثلث الكرى ق ن س معلوم

(١) س ق = متمم خط العرض

(٢) ن ق = البعد القطبي أو متمم الميل

(٣) الزاوية الداخلة س ق ن = ق

فيمكن حساب (س ن) وهو البعد السمتي أو متمم الارتفاع

والزاوية (ن س ق) = س تعين الانحراف عن خط الشمال للنجم

فلو رمزنا للزوايا فى المثلث الكرى بالحروف (س، ق، ن) أنظر الشكل

مرة (٢٧) فالمعادلة هى

$$\text{ظل } \frac{1}{2} (ن + س)$$

$$= \frac{\text{جا } \frac{1}{2} (س ق - ن ق)}{\text{ظلنا } \frac{ق}{٢}} \dots \dots (١)$$

$$\text{ظل } \frac{1}{2} (ن - س)$$

$$= \frac{\text{جا } \frac{1}{2} (س ق - ن ق)}{\text{ظلنا } \frac{ق}{٢}} \dots \dots (١ ب)$$

ومن هذه المعادلات نحصل على الزاوية ن، س

ولتعيين ن س وهو البعد السمتي أو متمم الارتفاع نجد

$$\text{جا } (ن س) = \frac{\text{جا } (ق) \text{ جا } (ن ق)}{\text{جا } (س)} \dots \dots (٢)$$

وبما أن البعد السمتي (س ن) لا يزيد عن ٩٠° فلا يكون الامر غامضاً

(ب) بقياس الارتفاع والانحراف عن خط الشمال لنجم مع رصد الوقت

المطلوب إيجاد السمود المستقيم والميل للجرم
المفروض معلومة خط العرض والطول راجع الشكل السابق (٢٧)

$$\begin{array}{l|l} \text{س} = \text{البسمت} & \text{س} = \text{الانحراف عن خط الشمال} \\ \text{ق} = \text{التعطب} & \text{ق} = \text{الزاوية السويمية} \\ \text{ن} = \text{النجم} & \text{ن} = \text{زاوية النجم} \end{array}$$

في المثلث الكرى س ن ق : — (ن ق = متمم الليل)

س ق = متمم خط العرض

س ن = البعد السمتي أو متمم الارتفاع

زاوية (ن س ق) معلومة حيث أنها الزاوية المحصورة بين المستوى الرأسى

المر بالنجم وخط الزوال أو الشمال المر بالراصد

وحيث علم ضلعان والزاوية بينهما فيمكن إيجاد (ن ق) وهو البعد القطبي

أو متمم الميل وإيجاد الزاوية السويمية (ن ق س)

والمعادلات حسب الرموز السابقة هي : —

$$\text{ظا } \frac{1}{2} (\text{ن} + \text{ق})$$

$$= \frac{\text{جتا } \frac{1}{2} (\text{س ق} - \text{س ن})}{\text{جتا } \frac{1}{2} (\text{س ق} + \text{س ن})} \cdot \frac{\text{ظا } \frac{1}{2} \text{س}}{\text{ظا } \frac{1}{2} \text{ن}} \dots \dots \dots (٣)$$

$$\text{ظا } \frac{1}{2} (\text{ن} - \text{ق})$$

$$= \frac{\text{جا } \frac{1}{2} (\text{س ق} - \text{س ن})}{\text{جا } \frac{1}{2} (\text{س ق} + \text{س ن})} \cdot \frac{\text{ظا } \frac{1}{2} \text{س}}{\text{ظا } \frac{1}{2} \text{ن}} \dots \dots \dots (٣ ب)$$

جا (ن ق)

$$= \frac{\text{جا (س) جا (س ن)}}{\text{جا (ق)}} \dots \dots \dots (٤)$$

والزاوية السويعية (ن ق س) عند ما تحول الى ساعات ودقائق وثوان بمعدل (١٥ من كل ساعة) تبين الوقت النجمي الذي يمضي قبل ما يبلغ النجم المهاجرة (خط نصف النهار) اذا كان النجم شرقاً أو يبين الوقت النجمي الذي انقضى على مرور النجم بخط نصف النهار اذا كان النجم غرباً وبما أن الصعود المستقيم للنجم هو الوقت النجمي لمروده على المهاجرة فلايجاد الصعود المستقيم لنجم تجمع قيمة الوقت (الزاوية ن ق س = الزاوية السويعية) الى الوقت النجمي المحلي في لحظة الرصد اذا كان النجم شرق المهاجرة ويطرح اذا كان النجم غربى المهاجرة وميل النجم = ٩٠° - متمم البعد القطبي (ن ق) المحسوب اعلام

ملخص عن المعادلة ١٦ ا ب ٢٦

ن = زاوية النجم عند (ن)

س = انحراف النجم عن خط الشمال

ق = الزاوية السويعية

متمم الليل = ن ق متمم خط العرض = س ق

(١) ظا ١ (زاوية النجم + زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)

$$= \frac{\text{جتا } \frac{1}{2} [\text{متمم خط العرض} - \text{متمم الليل}] \times \text{ظا } \frac{1}{2} (\text{نصف الزاوية السويعية})}{\text{جتا } \frac{1}{2} [\text{متمم خط العرض} + \text{متمم الليل}]}$$

$$\begin{aligned}
 & (اب) \text{ ظا } \frac{1}{2} \text{ (زاوية النجم - زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)} \\
 & = \frac{\text{حا } \frac{1}{2} \text{ (متمم خط العرض - متمم الميل)} \times \text{ظنا (نصف الزاوية السويعية)}}{\text{حا } \frac{1}{2} \text{ (متمم خط العرض + متمم الميل)}} \\
 & (٢) \text{ حا (متمم الارتفاع)} \\
 & = \frac{\text{حا (الزاوية السويعية)} \times \text{حا (متمم الميل)}}{\text{حا (زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)}}
 \end{aligned}$$

ملخص عن المعادلة (٣) (٣ ب) (٤)

$$\begin{aligned}
 & (٣) \text{ ظا } \frac{1}{2} \text{ (زاوية النجم + الزاوية السويعية)} \\
 & = \frac{\text{جتا } \frac{1}{2} \text{ (متمم خط العرض - متمم الارتفاع)}}{\text{جتا } \frac{1}{2} \text{ (متمم خط العرض + متمم الارتفاع)}} \\
 & \times \text{ظنا (نصف زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)} \\
 & (٣ ب) \text{ ظا } \frac{1}{2} \text{ (زاوية النجم - الزاوية السويعية)} \\
 & = \frac{\text{حا } \frac{1}{2} \text{ (متمم خط العرض - متمم الارتفاع)}}{\text{حا } \frac{1}{2} \text{ (متمم خط العرض + متمم الارتفاع)}} \\
 & \times \text{ظنا [نصف زاوية انحراف النجم عن خط الشمال]} \\
 & (٤) \text{ حا (متمم الميل)} \\
 & = \frac{\text{حا (زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)} \times \text{حا (متمم الارتفاع)}}{\text{حا (الزاوية السويعية)}}
 \end{aligned}$$

قاعدة لإيجاد الوقت النجمي المحلي من الوقت الوسطي المحلي

(١) صف فرق خط الطول جبرياً واحسب الوقت الوسطي عند غرينتش

في اللحظة المعنية وحول الفترة الناتجة عن الوقت الوسطي الى وقت نجمي

(٢) وأوجد من التقويم الفلكي البحري وقت غرينتش النجمي عند الظهر

الوسطي السابق على خط طول غرينتش وبإضافة فرق خط الطول جبرياً عين

الوقت النجمي المحلي في اللحظة المذكورة

(٣) اجمع (١) على (٢) والناتج هو الوقت النجمي المحلي

مثل :

أوجد الوقت النجمي عند خط طول (٤٣° ٣٥' ٣٨" غرباً) أو

ثانية ق ساعات

(١٩° ٤٣' ٨") غرب غرينتش في ٢ أكتوبر سنة ١٩١٣ الوقت الوسطي

ثانية ق ساعات

الحي هو ٣٢ ١٧ ٩ بعد الظهر

الحل :

ثانية ق ساعات

٩ ١٧ ٣٢

= { الوقت الوسطي المحلي
عند (١٢١° ٣٨' ٤٣") }

ثانية ق ساعات

٨ ٠٦ ٣٤٨٩

+ = خط الطول غرباً

ثانية ق ساعات

١٧ ٢٤ ٠٦٨٩

{ الوقت الوسطي عند غرينتش
للقابل لذلك الوقت الوسطي المحلي } (١)

يحول (١) الى وقت نجمي

ثانية ق ساعة

١٧ ٢٦ ٥٨٤١

{ فيعطى للفترة بالوقت النجمي التي
انقضت على ظهر غرينتش الوسطي }

ثانية	ق	ساعة	ما قبله
١٧	٢٦	٥٨ر٤١	
١٢	٤٢	٢٣ر٥٠	وقت غرينتش النجمى عند ظهر غرينتش الوسطى يوم ٢ أكتوبر سنة ١٩١٣

ثانية	ق	ساعة	وقت غرينتش النجمى فى اللحظة
٣٠	٠٩	٢١ر٩١	
٨	٠٦	٣٤ر٨٩	اطرح فرق خط الطول
٢٢	٠٢	٤٧ر٠٢	الوقت النجمى المحلى المطلوب

معرفة اسم النجم المرصود

من التفويم الفلكى البعري أو من فهرس النجوم

يستدل على اسم النجم المرصود متى علم لنا

(١) خط الزوال أو خط طول الراصد أو الانحراف عن خط الشمال (Meridian)

(٢) وخط عرض مكان الراصد Latitude — وخط طوله

(٣) والوقت الوسطى المحلى للمكان Local Mean Time

بقاس

(١) انحراف النجم عن خط الزوال أعنى زاوية انحراف النجم عن خط الشمال

Azimuth of star from Observer's Meridian للار بالراصد

(٢) وارتفاع النجم عن الافق Altitude of star above Horizon

مثل عملى لمعرفة اسم نجم مرصود

يوم ١٥ نوفمبر سنة ١٩٢٤ رصد فيه نجم جنوبى فى الساعة ٢٠ ث ٤٢ ق ٦ س

من على نقط مجوار عموم المساحة بالحيزة بفرض معرفة اسمه

الحساب

ثانية ق ساعه	٢٠	٤٢	٩
ساعة الرصد ^(١)			
الفترة بين ساعة قراءة الساعة و بين لحظة الرصد (بمداد التواني)	٤٨	—	
لحظة الرصد بالضبط	٣٢	٤٢	٦
الفرق بين الوقت المحلي بمصر وبين الوقت المحلي بجرينتش	٠٠	٠٠	٢
وقت جرينتش الوسطى عند لحظة الرصد	٣٢	٤٢	٤
تحويل الوقت الوسطى اعلاه الى وقت نجوى	١٨٩٤	٤٣	٤
الوقت النجوى للشمس عن الظهر الوسطى من تقويم سنة ١٩٢٤	١٠٠٥	٣٧	١٥
N. A. and Am. E.			
الوقت النجوى عند جرينتش في لحظة الرصد	٢٨٩٩	٢٠	٢٠
الفرق بين خط طول الراصد وبين جرينتش (شرقا)	٥٣٠	٠٤	٢
الوقت في لحظة الرصد على خط طول الراصد بمجوار عموم	٢١٨٨	٢٥	٢٢
المساحة (بالخيزة) ^(٢)			

(١) مضبوطة على وقت أوزيا المرقى الاساسى وهو وقت مصر المحلي

(٢) خط عرض مكان الرصد ٣٠° ٠٢' بالتعريب

الرصد لايجاد متوسط البعد السمتي أو متمم الارتفاع

وبما أن التيودوليت المستعمل هو من طراز الليكرومتر قراءة الدائرة الرأسية

تعطى متمم الارتفاع

$$333^{\circ} 15' 03'' = (a) \text{ قراءة الليكرومتر } (a)$$

$$153^{\circ} 15' 00'' = (b) \text{ د د د}$$

$$333^{\circ} 15' 37.00 \text{ متوسط الليكرومترين}$$

$$270^{\circ} - \text{وعليه يكون متمم الارتفاع}$$

$$63^{\circ} 15' 17.00 \text{ البعد السمتي متمم الارتفاع}$$

وعلى الدائرة الاقية للتيودوليت يقرأ انحراف النجم عن خط الشمال للرصد

$$172^{\circ} 40' 43'' = A = 1 \text{ قراءة}$$

$$352^{\circ} 40' 24'' = B = 2 \text{ د ب د}$$

فيكون متوسط انحراف النجم

عن خط الشمال المار بالرصد

ونوجد هذا العلاقة بين العوامل

جيب تمام	جيب		
٨٩٦	٥٠٠	٣٠.٢	خط عرض المكان
٩٩٢	١٢٧	١٧٢ ٤٠ ٤٣ (٨٢ ٤٠ ٤٣)	انحراف النجم عن خط الشمال
٤٥١	٨٩٣	٦٣ ١٥ ١٧	متوسط متمم ارتفاع النجم

$$\text{ح. ٤٨ } 32^{\circ} = 125^{\circ} \text{ ر}$$

$$\text{ح. الزاوية السويعية} = \frac{127 \times 893}{125} = 91347 \text{ ر}$$

$$\text{الزاوية السويعية} = 775^{\circ} \text{ قوسية}$$

$$\text{الزاوية السويعية} = 45^{\circ} 7' \text{ قوسية} = 31 \text{ دقيقة زمنية}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{ث.} & \text{ق.} & \text{ساعة} \\ 22 & 20 & 22 = \end{array} \quad \text{الوقت النجمي المحلى للرصد}$$

$$\begin{array}{ccc} & \text{ق.} & \\ & 31 + & = \end{array} \quad \text{الزاوية السويعية للنجم}$$

$$\begin{array}{ccc} 22 & 06 & 22 = \\ (1)^* & 32^{\circ} & 48' = \end{array} \quad \text{declination ميله النجم (٤) = } (32^{\circ} 48')$$

$$\begin{array}{ccc} \text{س.} & \text{ق.} & \\ (2)^* & 22 & 06 = \end{array} \quad \text{RA. Right Ascension المستقيم وصموده النجم}$$

راجع فهرس النجوم أو التقويم البحري الأمريكى أو البريطانى تجد أن النجم الذى احداثياته تنطبق على (١) و (٢) هو α / Pisces أى الحيتان المرموز لها بالحرف الاول من الاحرف الابدعية اليونانية (ألفا) α (ملحوظة) واذا لم توجد هذه الاحداثيات الناتجة لنجم فى التقويم الفلكى البحري فيبحث عنه فى فهارس النجوم مثل بوس

* صفوه هـ منه التقويم الفلكى الأمريكى هـ
١٥ نوفمبر ١٩٤٤
صفوه α يعطى احداثيات (ألفا) الحيتان
 $\delta = -30^{\circ} 11'$
 $RA = 22^h 53^m$
والفرد ناتج من خطه من المقام

الفصل التاسع

أبسط الطرق الفلكية

لتعيين موقع الراصد على الأرض

(١) اتجاه خط الزوال عند الظهر الظاهري

(من غير آلة رصد)

يمكن تحديد خط الزوال بالتقريب بمراقبة الاتجاه الذى يحدث من ظل عمود رأسى (شاخص) عند الظهر الظاهري

ولتعيين لحظة الظهر الظاهري يجب معرفة معادلة الوقت والوقت الوسطى المحلى وبالفرض أن الراصد على خط طول درجة ٣٠ غرباً وساعته تسير على مقتضى وقت غرينتش الوسطى بينما التقويم الفلكى البحرى البريطانى يعطى معادلة الوقت عن اليوم ٧ دقائق و ٣٢ ثانية أعنى أن الظهر الظاهري عند غرينتش يحدث عند الساعة ١٢ والدقيقة ٧ والثانية ٣٢ حسب ساعته

وبما أن الظهر الظاهري يحدث عند $٢٤ \times \frac{٣٠}{٣٦٠}$ ساعة = ١٢ دقيقة بعد الوقت السابق الذكر وذلك بسبب فرق خط الطول فانه يجب تعيين اتجاه ظل الشاخص عند الساعة ١٢ والدقيقة ١٩ والثانية ٣٢ من الوقت المبين على الساعة المضبوطة على وقت غرينتش الوسطى وبه يتعين خط الزوال أو خط الشمال

(٢) إيجاد خط الزوال أو خط الشمال بدون التقويم الفلكى البحرى و بدون آلة رصد

الطريقة الاولى — يوضع شاخص وضعا رأسيا على أرض مستوية . ومن مركز الشاخص ترسم دوائر أنصاف أقطارها مساوية لظلال الشاخص الحادثة فى ساعات معينة قبل وبعد الظهر . ثم تعين نقط تقاطع الظلال مع محيطات الدوائر . وتنصف الاقواس أو أوتارها فترى أن نقط التنصيف بمتدة على خط واحد هو خط نصف النهار . أو خط الزوال أو خط الشمال .

ولزيادة الايضاح يقال أنه اذا رسمت دوائر لظلال الشواخص فى الساعات العاشرة والحادية عشر والثانية عشر فلا بد من رسم دوائر أخرى لظلى الساعة الواحدة والساعة الثانية بعد الظهر . أى أن الساعات التى تؤخذ قبل الظهر يؤخذ مثلها بعد الظهر ويلاحظ دائماً أن ظل الشاخص وقت الظهر يكون أصغر الظلال قبله و بعده

الطريقة الثانية — طريقة الساعة المضبوطة على الوقت المحلى .

إذا كان لديك ساعة مضبوطة على الوقت المحلى فلو وجهت عقرب الساعات الى جهة الشمس بحيث ينطبق العقرب وظله على بعضهما تماماً فننصف للمسافة بين هذا العقرب والساعة (١٢) هو الجنوب الحقيقى عند ما يكون الراصد فى خط عرض شمال خط الاستواء ولا تستعمل هذه الطريقة بالقرب من خط الاستواء .

(٣) تعيين خط الشمال بواسطة النجم القطبى من برج الدب الأصفر (وميزار)

من برج الدب الاكبر (بدون آلة رصد)

راجع خريطة الابراج السماوية تجدد بالقرب من ذات الكرسي من نصف الكرة السماوى الشمالى برج الدب الأصفر والدب الاكبر ويتكون كلا من الدبين من أربعة نجوم على شكل مربع وثلاثة نجوم ممتدة من طرف أحد الاربعة نجوم . والنجم القطبى هو آخر الثلاثة النجوم الممتدة من الاربعة بالقرب من

شكل ١٧ من البروج حول القطب وهو برج ذات الكرسي أما (ميزار) فهو النجم المتوسط بين الثلاث نجوم في السب الأكبر وهو بمثابة يد (الحراث) وفي منظار التليسكوب يمكن أن تجده بصفة نجمين توأمين
وبما أن (النجم القطبي) يرسم دائرة صغيرة والنجم (ميزار) يرسم دائرة أكبر فهذان النجمان يقعان مرتين في كل ٢٤ ساعة في نفس العمود وهو الوقت الذي يقع القطب في خطهما وبذا يتحدد خط الزوال وأخط الشمال بالنجوم التي نحوم حول القطب

(٤) تعيين الوقت المحلي من ظل شاخص رأسي

هو الوقت الذي يكون فيه ظل العمود أو الشاخص الرأسي أقصر ما يكون بالنسبة لطوله قبل وبعد الظهر ويمثل الظهر المحلي أو هو وقت مرور الشمس على خط يمثل منصفات أوتار ظلال الشاخص الرأسي قبل وبعد الظهر المحلي المعروف بخط الزوال أو الشمال وهو السابق وصفه في طريقة إيجاد خط الشمال وعند ما يتعين خط الشمال أو الزوال بالضبط فلهذه لحظة مرور الشمس أو النجم عليه ترصد بالتيلودوليت ويقرأ الكرونومتر وبذا يتعين الظهر الظاهري المحلي وبإضافة أو طرح معادلة الوقت نحصل على الظهر المحلي الوسطي وإذا كان للمرصد نجماً فالوقت المحلي الوسطي لساعة المرور يحسب من واقع التقويم الفلكي البحري ويقارن بوقت الكرونومتر

(٥) خط الطول من الشمس وباللاسلكي

إذا تعين خط الزوال أو الشمال بالضبط عند موقف الراصد واتصل الراصد بألة اللاسلكي براصد على خط زوال غرينتش فبعد مرور الشمس على خط زوال غرينتش ترسل إشارة لاسلكية وتقرأ الساعة وعند مرور الشمس على خط زوال

الراصد المراد إيجاد خط طوله تقرأ الساعة وفرق الوقتين يعين بعد خط طول الراصد
عن غرينتش بالساعات والدقائق والثواني الوقتية وهذه يمكن تحويلها إلى درج
ودقائق وثوان قوسية .

إيجاد الوقت النجمي المحلي للظهر الوسطي المحلي

الوقت النجمي المحلي المطلوب هو الصعود المستقيم للشمس عند لحظة الظهر
الوسطي المحلي والتقويم الفلكي البحري يعطى وقت غرينتش النجمي عند ظهر
غرينتش الوسطي وقيمة الصعود المستقيم عند وقت غرينتش الوسطي المقابل
للظهر الوسطي المحلي يمكن حسابها بالنسبة والتناسب أو يمكن القول بأن فرق
خطوط الطول يندمج ضمن الحساب

قاعدة

صحح وقت غرينتش النجمي عند ظهر غرينتش الوسطي في اليوم بمقدار
(٩٨٥٦٥) ثانية عن كل ساعة فرق في خط الطول مضاعفاً للوقت ان كان
المكان غربي غرينتش ومطروجاً منه ان كان للمكان شرق غرينتش

مثال ذلك

(١) المطلوب إيجاد الوقت النجمي المحلي في يوم ٧ ديسمبر سنة ١٩٢١ في
مكان خط طوله ٦٠° شرقاً = ٤ ساعات

من التقويم الفلكي البحري وقت غرينتش النجمي ثانية ق ساعة
عند ظهر غرينتش الوسطي يوم ٧ ديسمبر سنة ١٩٢١ ١٧ ٢ ٥١٠٧
ساعة ثانية

$$تصحیح خط الطول = ٤٠٠ \times ٩٨٥٧ = ٣٩٤٣$$

ثانية ق ساعة

٩٧ ٢ ١١٦٤

(١) الوقت المطلوب

وهو الوقت النجمي المحلى عند الظهر الوسطى المحلى فى المكان المطلوب

جدول معادلة الوقت سنة ١٩١٠

أول الشهر		١٠ منه		٢٠ منه		٣١ منه	
ق	ثانية	ق	ثانية	ق	ثانية	ق	ثانية
١ يناير	٣—	٢٦	٧—	٢٧	١١—	٢	١٣—
٢ فبراير	١٣—	٢١	١٤—	٢٤	١٣—	٥٩	٠٠
٣ مارس	١٢—	٣٨	١٠—	٣٦	٧—	٤٨	٤—
٤ أبريل	٤—	٨	١—	٣١	٣١+	٥٨	٢+
٥ مايو	٢+	٥٥	٣+	٤٢	٣+	٤٢	٢+
٦ يونيو	٢+	٣١	٣١+	٥٧	١—	٨	٣—
٧ يوليو	٣—	٢٧	٥—	١	٦—	٦	٦—
٨ أغسطس	٦—	١١	٥—	١٩	٣—	٢٦	٢٦—
٩ سبتمبر	—	٩	٢+	٤٨	٦+	٢٠	٩+
١٠ أكتوبر	١٠+	٥	١٢+	٤٥	١٥+	١	١٦+
١١ نوفمبر	١٦+	١٨	١٦+	٢	١٤+	٢٦	١١+
١٢ ديسمبر	١١+	٦	٧+	٢٣	٢+	٣٦	٢—

(٦) إيجاد خط العرض من قياس ارتفاع الشمس على خط الزوال

ذكرنا فيما سبق أن ارتفاع القطب يساوى خط عرض الراصد وعليه يمكن الحصول على خط العرض بقياس ارتفاع النجم على خط نصف النهار وبما أن النجم وهو الشمس مثلاً معلوم ميله من جداول ميل الشمس^(١) وبهذه التقطى فالطريقة التى يستعملها الضابط الملاح فى إيجاد خط عرضه فى البحر هى

يرصد الضابط للملاح بالسكستانت Sextant كما يرصد المساح بالتيودوليت ارتفاع الشمس وهو الزاوية الحادثة بين الأفق وبين محور الشمس على خط الزوال (الشمال)

ومعادلة النجوم بصفة عامة هي

خط العرض (للمرور السفلى) = الارتفاع على خط الزوال + البعد القطبي
وخط العرض (للمرور العلوي) = الارتفاع على خط الزوال - البعد القطبي
هكذا هو الحال عند ما يكون النجم والقطب في اتجاه واحد أما إذا كان النجم في اتجاه جنوبي فالمعادلة

للمرور السفلى تكون

(٩٠° درجة) - خط العرض = (الارتفاع على خط نصف النهار) + (الميل)

وللمرور العلوي

(٩٠° درجة) - خط العرض = (الارتفاع على خط نصف النهار) - (الميل)

خطاً صفر الورنيه Index Error

اختلاف المنظر الأفقي Parallax

الانكسار الضوئي Refraction

مثال

إيجاد خط العرض بالسكستانت في خط عرض جنوبي يرصد الشمس على

خط الزوال وهو ما يستعمله البحار لإيجاد خط عرضه في البحر

٦٤°	١٣	١٠	ضعف الارتفاع لحافة شمس السفلى
	٤	٠٥	خطاً صفر الورنيه
٦٤°	١٧	١٥	

٣٢°	٠٨	٣٧ر٥
	١	٥٥ر٠
٣٢°	٠٦	٤٢ر٥
		٧ر٠
٣٢°	٠٦	٤٩ر٥
	١٥	٥٠ر٠
٣٢°	٢٢	٣٩ر٥
١٩°	٤٧	٥٣ر٠
٥٢°	١٠	٣٢ر٥
٣٧°	٤٩	٢٧ر٥
٩٠°	٠٠٠	٠٠٠

نصف ما قبله

الانكسار الضوئي -

اختلاف المنظر +

نصف القطر

ارتفاع محور الشمس

الليل شمالا

متمم خط العرض

خط العرض

جشفي

مثال إيجاد خط العرض بالتيودوليت

أوجد خط العرض التقريبي بمقاس الارتفاع للشمس على خط نصف النهار

يوم ١٢ يونيه سنة ١٩٢٠

خط طول المكان ٥° ٥٩' غرباً والرصد بين أكبر زوج

من الارتفاعات للشمس في ذلك اليوم

الميزان	الحافة	الوجه	الارتفاع		للتوسط للارتفاع
			مكرومتر (١)	مكرومتر (٢)	
١٤	١٣	السفلي الشمال	٥٩° ٤٧' ٢٠	٤٧ ٢٥	٥٩° ٤٧' ٢٢ر٥٠
١٢	١٥	العلوي الجين	٥٧° ١٩' ٤٥	١٩ ٣٥	٥٧° ١٩' ٤٠ر٠٠
٢٦	٢٨				٥٧° ٠٣' ٣١ر٠٠

ملحوظة - البارومتر ٣٠١ بوصة

الترمومتر ٧٠° فرنهيت

أقسام الليزان اوروچ التسوية = ٨

$$\text{تصحيح روج التسوية} = ٨ \times \frac{٢٨ - ٢٦}{٢ \times ٢} = ٤ -$$

٥٧° ٣ ٣١° ٠٠

٤° ٠٠ -

٥٧° ٣ ٢٧° ٠٠ متوسط الارتفاع

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{متوسط الانكسار الضوئي} = ٣٧ \\ \text{تصحيح البارومتر} = ١ + \\ \text{تصحيح الترمومتر} = ٢ - \end{array} \right\}$$

٣٦ -

٥٧° ٠٢ ٥١°

٥ + اختلاف المنظر = (٧ و ٨ جتا ٥٧)

٥٧° ٠٢ ٥١° ٠٠ الارتفاع الحقيقى

٥٧° ٣٢ البعد السمى

ميل الشمس عند الظهر الظاهرى المحلى .

ثانية دقيقة

خط طول غرب مقلداً بالوقت ٥٦ ١٩ وهو وقت غرينتش

الظاهرى عند الظهر الظاهرى المحلى

٩ و ١٤ ٩ ٢٣° الليل عند ظهر غريتنش الظاهرى يوم ١٢ يونية

سنة ١٩٢٠

التغير فى ميل الشمس فى الساعة = (٩ و ٥١)

ثانية دقيقة

$$(١٩ \ ٥٦) \times \frac{٩,٥١}{٦٠}$$

٣ و ٢

شمال ٠٠ و ١٨ ٠٩ ٢٣° الليل عند الظهر الظاهرى المحلى

شمال ٠٠ و ٠٤ ٥٧ ٣٢° البعد السمى

٠٠ و ٢٢ ٠٦ ٥٦° خط العرض الفلكى

ملحوظة : —

خط العرض الجغرافى لمكان هو الزاوية الحادثة بين خط الاستواء

الارضى والمكان أما خط العرض الفلكى فسبق توضيح

(٧) جداول انحراف الشمس عن البحرى أو عن خط الشمال

عند غروبها أو شروقها

من أم الامور عند الفلكى أن يعرف خط الشمال أو خط الزوال أو البحرى والجداول الآتية تعطى مقدار انحراف الشمس عن خط الشمال (البحرى) عند الغروب من الاتجاه الجنوبى غرباً ومعنى الشمس هنا هو مركز قرص الشمس عندما تكون حاقها العاليا فى مستوى السطح الافقى المار بالراصد بالضبط وليكن رمزنا عن هذا الانحراف بحرف (غ) (ولو فرضنا بأن الافق ارتفع بزاوية قدرها (و) فتكون علامتها بالزائد (+) أما اذا انخفض بمقدار زاوية (و) فيكون بالناقص (-) ولو رمزنا للفرق من ارتفاع وانخفاض الافق المقابل لخط العرض

وميل الشمس بحرف (ف) يكون

الانحراف عن خط الشمال لللاق المنخفض = غ - و X ف
ونفس هذا الجدول يعطى انحراف الشمس عن خط الشمال (البحرى) عند
شروق الشمس اذا اعتبرت هذه المقادير من الجنوب شرقاً .

استعمال الجداول

أوجد قيمة ميل الشمس شمالاً أو جنوباً في يوم الرصد من الجدول (المدون
في مجلة الهندسة شهر يونيو سنة ١٩٣١) عند وقت شروق أو غروب الشمس
التقريبى والشروق والغروب يمكن استخراجهما من التقويم الفلكى البحرى أو
حسابه كما سيأتى الكلام عن حساب الشروق والغروب أو من الرسم البيانى فى
نهاية الجزء الثانى من الكتاب وبذا يمكن معرفة ميل الشمس بالتحديد ساعة
الشروق والغروب

وبالبحث فى الجداول عن المقابل لخط العرض والليل الشمسى أعلاه نحصل
على قدر انحراف مركز الشمس عن خط الشمال (البحرى) عند الغروب (غ)
كما نحصل على القدر (ف) المقابل لنفس خط العرض والليل للتصحيح عن قيمة
الانخفاض أو الارتفاع عن أفق الراصد وعليه يكون

$$\left. \begin{array}{l} \text{انحراف خط الشمال عن الشمس} \\ \text{عند غروبها من الجنوب غرباً} \end{array} \right\} = \text{غ} - \text{و X ف}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{وانحراف خط الشمال عن الشمس} \\ \text{عند شروقها من الجنوب شرقاً} \end{array} \right\} = ٣٦٠^\circ - [\text{غ} - \text{و ف}]$$

وتشمل أرقام الجدول التصحيح عن نصف قطر الشمس والانكسار الضوئى
وتكونت الجداول من الاعتبارات الآتية

ش = مقدار الانحراف عن خط الشمال

س = البعد السمتي

ع = خط العرض

م = الميل

جتا { انحراف الشمس عن خط الشمال } =

$$\frac{-\text{حا (الليل)} + \text{جتا (البعد السمتي)} \text{ حا (خط العرض)}}{\text{حا (البعد السمتي)} \text{ جتا (خط العرض)}}$$

وعندما يكون س = ٩٠°

ش = غ

فيكون

$$\text{جتا غ} = \frac{\text{حا (م)}}{\text{جتا (ع)}}$$

$$\text{تفاضل (ش)} = \frac{\text{ظل (خط العرض)}}{\text{حا (غ)}} \times \text{تفاضل (البعد السمتي)}$$

ف = تفاضل (ش) (لان تفاضل البعد السمتي = ١°)

$$= \frac{\text{ظا (خط العرض)}}{\text{جا (غ)}} \text{ بالدرج}$$

والبعد السمتي لمركز قرص الشمس عندما تكون الحافة العليا في المستوى

الأقوى = ٩٠° + نصف القطر + الانكسار الضوئي

$$= ٩٠° ٥٢' =$$

وعليه يكون

$$\text{ش} = \text{غ} + \frac{1}{4} \text{ الفرق (ف)}$$

جدول انحراف الشمس بالدرج عند الغروب والشروق عن خط الشمال عن الجنوب غربا

ميل الشمس بالموجب

د = عدد درج أنق الراصد مال الرائد (+) إن كان مرتفعاً وبالعكس (-) إن كان منخفضاً
 هـ = الفرق من ارتفاع وانخفاض الأفق المقابل لحظ العرص وبيل الشمس في الجدول

ش = انحراف الشمس عند الشروق = ٣٦٠ - [ع' - د x ف]

$$x = \text{انحراف الشمس عند الغروب} = \text{ع} - \text{د} \times \text{ف}$$
[illegible]

جدول انحراف الشمس بالدرج عند الغروب والشروق عن خط الشمال عن الجنوب غربا

ميل الشمس بالساعة

د = عدد درج أفق الراصد بالزائد (+) إن كان مرتفعاً وبالنقص (-) إن كان مستغنياً

غ = انحراف الشمس عند الغروب = غم - د x ف

ش = احرف الشمس عند الشروق = ٩٩٠ - [غ' - د × ف]

الفصل العاشر

مواقيت الصلاة الإسلامية

(١) الصبح : (١) ويبدأ عند الفجر الحقيقي ويمتد الى ما قبل شروق الشمس وهو عبارة عن أول ظهور الحافة العليا لقرص الشمس فوق الأفق — والفجر الحقيقي أو الصادق يميز عن الفجر الوهمي أو الكاذب بأنه يبتشر على جميع أنحاء الأفق ولكن الأخير يظهر رأسياً ثم يختفي

(٢) الظهر . ويبدأ بمرور الشمس على خط الزوال ويمتد الى ما قبل العصر (وهو منتصف بعد الظهر)

(٣) العصر (أو منتصف بعد الظهر) وهو عند الامام أبو حنيفة رضى الله عنه الوقت الذى فيه طول ظل الشاخص الرأسى يساوى طول الظل للشاخص نفسه عند الظهر مضافاً اليه ضعف ارتفاعه

وعند الامام الشافعى رضى الله عنه وهو ما اعتمدته (وزارة الاوقاف) هو الوقت الذى فيه طول ظل الشاخص الرأسى يساوى طول ظل الشاخص نفسه عند الظهر مضافاً لطوله الحقيقي .

ووقته يبدأ كما توضح ويمتد الى ما قبل الغروب وهو عبارة عن الاختفاء التام لقرص الشمس تحت الأفق — ويقسم العصر الى شطرين أحدهما العصر الاول والآخر العصر الثانى

(٤) المغرب ويبدأ عند غروب الشمس ويمتد الى أن يتلاشى الشفق الاحمر

(٥) العشاء ويبدأ عند تلاشى الشفق الاحمر ويمتد الى الفجر الحقيقي

صلاة العيدين

يبدأ عند ما يكون ارتفاع الشمس بمقدار رمح وهو الرأى المعتمد فى القطر
للمصرى - وعند الامام أبو حنيفة رضى الله عنه يقدر الارتفاع برمحين - الرمح
(٥٠°) قوسية

مجل عن حساب أوقات الصلاة

الشروق والغروب الظاهريان

يحسب نصف القوس اليومى من المثلث الكرى الذى ضلعه (١) متم خط
عرض المكان (٢) والبعد القطبى الشمالى للشمس (٣) والبعد السمتى للشمس
أما البعد السمتى لمركز الشمس = $90^\circ +$ نصف قطر قرص الشمس +
تأثير انكسار الضوء على الأفق ومعادلته هى

جتا (البعد السمتى) = جتا (الليل) جتا (خط العرض) + جتا (الليل)
جتا (خط العرض) جتا (الزاوية السوسية) (١)
وهذه المعادلة تعطى الوقت من الظهر الظاهرى الى غروب الشمس وعند
ما ي طرح من ٢٤ ساعة ينتج الوقت الفلكى الظاهرى ويمكن تحويله الى وقت
عربى بطرح نصف القوس اليومى أو الى وقت عرقى (أفرنجى) باضافة (معادلة
الوقت)

حساب صلاة العصر

لايجاد وقت صلاة العصر يجب أن نجد البعد السمتى للشمس عند الظهر
وهو عبارة عن خط العرض مضافاً الى أو مطروحاً من ميل الشمس حسباً تكون

شمال أو جنوب خط الاستواء ومتى علم ذلك أمكن عمل حساب البعد السمتي للشمس عند العصر الاول أو الثاني

ظل (البعد السمتي) للعصر الاول = $١ + \text{ظل (خط العرض - الليل)}$
أو للعصر الثاني = $١ + \text{ظل (خط العرض - الليل)}$
أما الزاوية السويمية للشمس فيمكن حسابها من واقع الثلث الكرى كما توضح سابقاً بالمعادلة (١) صفحة ١٠٦

حساب صلاة العشاء

اختلفت الآراء في زاوية انخفاض مركز الشمس تحت الأفق الذى عند بلوغها يتلاشى ضوء الشفق الاحمر فالبعض يأخذ ١٧ درجة والبعض يأخذ ١٨ درجة ولذا اتبع في حساب نتائج المساحة (٣٠ ١٧°) وصار اعتماده من وزارة الأوقاف وعليه يكون البعد السمتي لمركز الشمس هي (٣٠ ١٠٧°) الذى يتخذ أساساً لحساب الوقت الظاهري لصلاة العشاء وأقصى فرق بين الحدين أعنى من أخذ ١٧° أو ١٨° درجة عما تأخذه المساحة في حسابها هو ٣ ثلاث دقائق

صلاة الفجر

مختلف فيها حيث يعتبر بعض العارفين أن ظهور الفجر الحقيقي يبتدىء عند ما يكون مركز الشمس ١٩° درجة تحت الأفق والبعض يقول بأن المقدار هو (٢٠) درجة واتخذت المساحة (٣٠ ١٩°) اعنى أن البعد السمتي ٣٠ ١٠٩° والوقت الظاهري هو حسب المعادلة (١) بالصفحة ١٠٦

صلاة العيدين

يبدأ وقت الصلاة عند ما تكون الشمس ٥ درجات فوق الأفق ولكن نظراً للانكسار الضوئي تكون حقيقة مركز الشمس بقدر (٥٠ ٤°) وعليه يكون البعد السمتي ٦٠ ٨٥° والحساب هو كما سبق ايضاحه

جداول غروب الشمس والقمر وشروقهما

يصدر سنوياً التقويم الفلكي البحري الأمريكى

The American Ephemeris and Nautical Almanac, Washington
—Government Printing Office. (Price one dollar)

قبل اليعاد بستين و به جداول غروب الشمس والقمر وشروقهما بالوقت المدنى
المحلى عن حافة قرص الشمس والقمر العليا و به أيضاً نهاية الشفق مساء و بدايته
صباحاً على خط زوال غرينتش عن كل يوم من السنة وعلى خطوط العرض المبينة
بعد وهى :

صفر و ١٠ و ٢٠ و ٣٠ و ٤٠ و ٤٥ و ٥٠ و ٥٢ و ٥٤
و ٥٦ و ٥٨ و ٦٠

الوقت الأساسى فى لحظة الغروب أو الشروق من التقويم أعلاه

يضاف فرق خط الطول بين خط الطول الأساسى وخط طول الراصد ان كان
غرباً بال دقائق الزمنية الى الوقت المحلى

ويطرح هذا الفرق من الوقت المحلى ان كان الراصد شرقاً من خط الطول
الاساسى ومتى تحدد وقت الغروب والشروق للشمس أمكن إيجاد الميل المقابل^(١)
فى هذه الاوقات لاستعماله فى إيجاد انحراف الشمس عند الغروب والشروق عن
خط الشمال من الجداول كما توضح فى صفحة ١٠٢ و ١٠٣

(١) من جداول الميل للشمس (عبادى) مجلة الهندسة يونيو سنة ١٩٣١

مِقات الغروب والشرق للكواكب والنجوم :

ليس إيجاد الوقت للغروب أو الشرق من الطرق الدقيقة لتحديد الوقت
(الزمن) نظرا للشك في حقيقة قدر انكسار الضوء على الافق .

والمعادلة القصيرة عن مِقات الغروب أو الشرق

هى : - جتا (الزاوية السويمة)

= ظا (الميل) ظا (خط العرض)

والزاوية السويمة تمثل الوقت الشمسى الظاهرى في حالة الشمس اما في حالة
النجوم فهى الوقت النجمى .

ولا تشمل هذه المعادلة تأثير الانكسار الضوئى البالغ ٣٦ على الافق ومعنى
ذلك ان النجوم عندما تظهر على الافق هى في الحقيقة ٣٦ قوسية تحت الافق .

مثل للتطبيق :

ما هو مِقات الغروب والشرق للقمر في الخرطوم في أول يناير سنة ١٩٣٢

خط العرض (للخرطوم) ٣٦° ١٥ شمالا

خط الطول (للخرطوم) ٣٢° ٣٢ شرقا

الميل (للقمر) = ١٤° ٥

جتا (الزاوية السويمة)

= - ظا (الميل) ظا (خط العرض)

$$\overline{174409232} = \text{لوظا } 15^{\circ} 36'$$

$$\overline{296118609} = \text{لوظا } 14^{\circ} 0'$$

$$296077891 = \text{لوجتا الزاوية السويية}$$

ثانية في سابع

$$0 \ 02 \ 8730 = 88320.476 = \text{الزاوية السويية}$$

لموازنة النقص من الانكسار الخ

ثانية في س

$$12 + = 0 \ 02 \ 8730 = \text{ضرب } \frac{1}{3} \text{ من قيمة الزاوية السويية}$$

$$6 \ 06 \ 8730$$

الزاوية السويية بعد التصحيح

صفحة ١٢٦ من التخليق الفلكي البحري سنة ١٩٣٢
تعطى وقت المرور العلوي للقمر

الاختلاف في الساعة ١٩٩ دقيقة يؤخذ (٢)

الفرق في الوقت بين الخرطوم وغيرتش ٣٢ ٣٢

$$= 217 \text{ ساعة يؤخذ } (217) \text{ ساعة}$$

$$\text{الاختلاف في المدة } 212 \text{ ساعة } \times 2 \text{ ق } = 424$$

وقت مرور القمر على خط زوال الخرطوم ٥ ٥٩٩

الفرق من الوقت الأساسي - ١٠١ *

مرور القمر على خط زوال الخرطوم (وقت أساسي) ٥ ٤٩٨

الزاوية السويية (+) ٦ ٠٦٠

(١) وقت شروق القمر ٢٣ ٤٣٨

(٢) وقت شروق القمر يوم ٣١ ديسمبر سنة ١٩٣١ ٤٣٨ ١١ مساء

(٣) وقت غروب القمر يوم أول يناير سنة ١٩٣٢ ٥٥٨ ١١ صباحاً

$$* 17 \ 6 - 17 \ 6 = 70 \ 8 = 16 \ 8$$

(ملحوظة)

(١) يضاف (٢٤) ساعة لساعة المرور على خط الزوال بالخطوط وتطرح الزاوية السويعية منه للحصول على وقت الشروق
(٢) وتبقى ساعة المرور على خط الزوال بالخطوط على أصلها ويضاف إليها الزاوية السويعية للحصول على وقت الغروب .
يمكن حساب شروق وغروب الشمس والقمر بطريقة أدق من الطريقة الأولى بحل مثلث كرى يتكون من :

(١) البعد السمتي أو متمم الارتفاع = س

(٢) متمم خط العرض = ع

(٣) متمم الليل أو البعد القطبي = ق

$$\therefore \text{يكون نصف مجموع هذه المقادير} = \frac{س + ع + ق}{٢} = ج$$

والمعادلة هي :

$$\text{ظل } \frac{1}{2} \text{ الزاوية السويعية} = \sqrt{\frac{\text{جا}(ج) \text{ متمم خط العرض} \text{ جا}(ج - \text{متمم الليل})}{\text{جا}(ج) \text{ جا}(ج - \text{البعد السمتي})}}$$

البعد السمتي في الشروق والغروب = $90^\circ +$ نصف قطر الشمس أو القمر + الانكسار الضوئي - اختلاف المنظر (Parallax) وتستعمل هذه المعادلة على شكل استمارة بمصلحة المساحة المصرية لإيجاد غروب الشمس والقمر حتى يعرف أوائل الشهور العربية وعند ما يغرب القمر بعد الشمس يستدل منه عن أول الشهر القمري أو العربي .

التحقق من أول السنة الهجرية ١٣٥٠ بواسطة حساب غروب

القمر والشمس بمصر بالطريقة الموضحة أدناه

يقع أول السنة الهجرية ١٣٥٠ يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١ بالحساب حسب

المعادلة القصيرة السابقة (صفحة ١٠٩)

غروب القمر في ١٧ مايو سنة ١٩٣١ Moenset

ميعاد غروب القمر بالمعادلة القصيرة السابقة يكون في الساعة السادسة والدقيقة

الرابعة والأربعين وفرق الوقت بين القاهرة وغرينتش ساعتان فيكون وقت

الغروب عند غرينتش — الساعة الرابعة والدقيقة الرابعة والأربعين بعد الظهر أى

الساعة السادسة عشر والدقيقة الرابعة والأربعين من منتصف الليل وهو أول

اليوم الفلكي

حساب الصعود للمستقيم للقمر في ١٧ مايو سنة ١٩٣١ عند الغروب

يعطى التقويم الفلكي البحري (صفحة ١٠٦ يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١)

الساعة	الصعود للمستقيم	التغيير في الساعة
ثانية	ثانية	ثانية

١٧ ٣٣ ٣١ ١٤ ٢ ١٩٧٦ ثانية

١٦ ٣١ ١٩ ٤٩ ٢ ١٩٠٨ ثانية

المتوسط ٢ ١٩٤٢ ثانية

ثانية في

$٢٠١٩٤٢ \times ٤٤ = ٩٦٥٤٤٨$ ثانية = ١٣٦٥٤

ثانية في

إذن يكون الصعود للمستقيم عند الغروب = $١٣٦٥٤ +$

ثانية في ساعة ث ساعة

١٩ ٤٩ ٣١ ٣ ٥٦ ٠٣ يساوى ٣ ٣٢

حساب ميل القمر عند الغروب في يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١

يعطى التقويم الفلكي البحري (صفحة ١٠٦)

الساعة	لـ	تغيير الليل في الساعة
١٧	١٧ و ٥ ٤٨ ٢٢	٩ و ٦٠٣ +
١٦	١ و ١ ٣٨ ٣٨ ٢٢	٩ و ٧٠٩ +
	المتوسط	٩ و ٦٥٦

ثانية

$$٩ و ٦٥٦ \times ٤٤ = ٤٢٤٨٦٤ = ٤ و ٨٦٤$$

ميل القمر ساعة الغروب = ١ و ٣٨ ٣٨ ٢٢ + ٤ و ٨٦٤

$$= ٤٢٩٦٤ ٤٥ ٢٢$$

حساب البعد السمتي للقمر عند الغروب

التقويم الفلكي النجمي صفحة ٦٢ يعطى

نصف القطر التاريخ

$$١٣ و ٧٩ ١٥ ١٧ و ٥ ١٩٣١$$

$$١٧ و ٩٥ ١٥ ١٨ و ٠ ١٩٣١$$

الفرق بين ١٧ و ٩٥ - ١٣ و ٧٩ = ٤ و ١٦ في ١٢ ساعة

$$٤ و ١٦ \times \frac{٤ \frac{١}{٢} \text{ ساعة}}{١٢ \text{ ساعة}} = ١ و ٦٤٠٨$$

١٧ و ٥ مايو سنة ١٩٣٢ ١٣ و ٧٩ ١٥ نصف القطر للقمر

الفرق عن الساعات للغروب $\times ١ و ٦٤$

$$١٥ و ٢٣ ١٥ نصف قطر القمر عند الغروب$$

(٢) اختلاف المنظر

تمطى الصفحة ٦٢ من التقويم الفلكى البحرى البيان الآتى :-

اليوم	اختلاف المنظر (Parallax)	التغيير فى الساعة
مايو ٥ و ١٧	٧٤ و ٥٣ ٥٥	+ ٢٦٢ و ١
مايو ١٨ و ٢٠	٥٦ و ٥٩ ٥٦	+ ٢٨٠ و ١
		+ ٢٧١ و ١

$$١٢٧١ \times \left[\frac{٤٤}{٦٠} \right] = ٩٠٠١٦$$

اختلاف المنظر للقمر عند ساعة الغروب هو ٥٣ و ٧٤ ٥٥ + ٢٠٢ = ٥٩ و ٧٦ ٥٥

(٣) الانكسار الضوئى من شفوئيه على الأفق ٠٠ و ٢٩ ٣٦

فيكون البعد السمى للقمر عند الغروب =

الارتفاع	٩٠°
نصف القطر عن القمر	+ ٤٣ و ١٥ ١٥
الانكسار الضوئى	+ ٢٩ و ٣٦ ٣٦
اختلاف المنظر	- ٧٦ و ٥٩ ٥٥

البعد السمى بعد التصحيح (١) ٦٧ و ٤٤ ٥٥ ٨٩°

٤٣ ٤٥ ٢٢° الميل عند الغروب
١٧ و ١٤ ٦٧° متم لليل عند الغروب
٩٠ ٠٠ ٠٠° المجموع

القاهرة

$$\text{خط العرض} = ٣٠^{\circ} ٤٢٦' =$$

$$(٣) \dots\dots\dots ٥٩^{\circ} ٥٥٢٤' = \text{متتم خط العرض}$$

$$\text{المجموع} \quad ٩٠^{\circ} ٠٠٠'$$

$$\text{خط الطول} \quad ٣١^{\circ} ١٧١٥'$$

$$\text{أضلاع المثلث} \left\{ \begin{array}{l} (١) \quad \text{البعد السمى} \quad ٨٩^{\circ} ٥٥' ٤٤٦٧ \\ (٢) \quad \text{متتم الليل} \quad ٦٧^{\circ} ١٤' ١٧ \\ (٣) \quad \text{متتم خط العرض} \quad ٥٩^{\circ} ٥٥' ٢٤ \end{array} \right.$$

$$\underline{٢١٧^{\circ} ٠٥' ٢٥٦٧}$$

$$\angle = ١٠٨^{\circ} ٣٢' ٤٣''$$

$$\frac{\text{جا (ج - متتم العرض) جا (ج - متتم الليل)}}{\text{جا (ج) جا (ج - البعد السمى)}} \sqrt{=} \left[\frac{\text{الزاوية السويعية}}{٢} \right] \text{ظا}$$

لوطا $\frac{1}{2}$ (الزاوية السويعية)

$$\left\{ \begin{array}{l} + \text{لوحا (ج - متتم خط العرض)} \\ + \text{لوحا (ج - متتم الليل)} \\ - [\text{لوحا (ج) + لوحا (ج - البعد السمى)}] \end{array} \right\} \div =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} + \text{لوحا } (٤٨^{\circ} ٣٧' ١٩) + \text{لوحا } (٤١^{\circ} ١٨' ٢٦) \\ - [\text{لوحا } (١٠٨^{\circ} ٣٢' ٤٣) + \text{لوحا } (١٨^{\circ} ٣٦' ٥٨)] \end{array} \right\} \div =$$

$$\div = (١٦٩٤٨٧٩٥ - ١٤٨٠٩٤٣٩)$$

$$\div = (٠.٢١٣٩٣٥٦)$$

$$\frac{٠.٢١٣٩٣٥٦}{٢} = \text{لو ظا } \frac{1}{2} \text{ الزاوية السويعية}$$

$$= ٠.١٠٦٩٦٧٨$$

$$= ٥١٥٩.٩^\circ \text{ نصف الزاوية السويعية}$$

$$\text{الزاوية السويعية عند الغروب} = ١٨^\circ ٥٨' ١٠.٣^\circ \text{ قوسية.}$$

ثانية ق ساعة

$$= ٥٣٢ ٥٥ ٦ \text{ زمنية}$$

ثانية ق ساعة

$$= ٥٦٣ ٣٢ ٣ \text{ (الصعود المستقيم للقمر عند الغروب)}$$

ث ق س ث ق س ث ق س

$$\text{الوقت النجمي المحلى} = ٥٣٢ ٥٥ ٦ + ٥٦٣ ٣٢ ٣ = ٤٩٢٣ ٢٨ ١٠$$

$$\text{وقت غرينتش النجمي المحلى} = \text{النجمي المحلى} - \text{خط الطول}$$

$$٤٩٢٣ \text{ ث } ٢٨ \text{ ق } ١٠ \text{ س} - ٩ \text{ ث } ٥ \text{ ق } ٢ \text{ س} = ٤٠٢٣ \text{ ث } ٢٣ \text{ ق } ٨ \text{ س.}$$

ومن التفويم الفلكي سنة ١٩٣١ يؤخذ .

ثانية ق ساعة

$$\text{الوقت النجمي عند غرينتش عند الساعة صفر} = ٥٥١٦ ٣٤ ١٥$$

$$= ٥٨٢٨ ٠١ ١٢ \text{ الساعة (١٢) وقت وسطى}$$

$$٥٣٤٤ ٣٦ ٣ \text{ الفترة من الوقت النجمي عند الظهر}$$

ثانية ق ساعة

$$٢ ٢٣ ٨ \text{ وقت غرينتش النجمي}$$

$$٥٣٤٤ ٣٦ ٣ \text{ الفترة من الوقت النجمي عند الظهر}$$

$$٤٦٧٦ ٤٦ ٤ \text{ وقت غرينتش النجمي عن ميعاد غروب القمر}$$

ثانية ق ساعة

الوقت الوسطى عند غرينتش عن ساعة غروب القمر = ٤ ٤٥ ٥٩ر٨١

إضافة فرق الوقت الأساسى المصرى عن غرينتش = ٢ ٠٠ ٠٠ر٠٠

الوقت المحلى عن ساعة الغروب للقمر فى مصر ٦ ٤٥ ٥٩ر٨١

ق ساعة

اذن يكون غروب القمر حسب الوقت المحلى بمصر فى الساعة ٦ ٤٦

غروب الشمس

حساب غروب الشمس فى ١٧ مايو سنة ١٩٣١

ق س

حساب غروب الشمس بالمعادلة القصيرة يكون الساعة ٤٢ و ٦ وقت محلى

ق س ساعة

وبما أن الفرق فى خط الطول ٢ ساعتين فليه يكون ٤٢ و ٦ - ٢ =

ق ساعة

٤٢ و ٤ وقت غروب الشمس عند غرينتش

ق ساعة ساعة ق ساعة

٤٢ + ٤ = ٤٢ ١٦ = ١٦ و ٧ ساعة مساء وقت غروب الشمس

الصعود المستقيم للشمس عند الغروب

يعطى التقويم الفلكى البحرى صحيفة (١٢) ١٧ مايو سنة ١٩٣١

البيان الآتى :-

مقدار التغير فى الساعة

الصعود المستقيم

اليوم

س ق ث

٨٩٨ و ٩ ثانية

٣ ٣١ ٦٠ و ٨

١٧ مايو سنة ٣١

٨٠ و ٩٢٢

٣ ٣٥ ٤٤ و ٦

١٨ مايو سنة ٣١

١٩٨٢٠

٩٩١٠ ز ٩ ثانية = ٢ ÷ ١٩٨٢٠

التغير في الساعة (المتوسط) ٩٩١٠ ثانية

ثانية	ساعة	ثانية
٩٩١٠ × ١٦٧٠ = ١٦٥٤٩٧ ثانية = ٤٥ر٤٩٧	٢	٢
ثانية	ثانية	ثانية
٦٠	٣١	٣
<hr/>		
٢ ٤٥ر٤٩٧		

٤٥ر٠٩٧ ٣٣ ٣ الصعود المستقيم المطلوب عند ساعة الغروب .

الليل للشمس ١٧ مايو عند الغروب : -

يعطى التقويم الفلكي البحري صحيفة (١٢) البيان الآتي : -

اليوم	الليل	التغير في الساعة
١٧	+ ١٩° ٣٢٩ر٠٤	٣٤ر ٨٠
١٨	+ ١٩° ١٧ ١٢ر ٩	٣٣ر ٩٩
<hr/>		٢) ٦٨ر ٧٩

للتوسط ٣٤ر ٣٩٥

ساعة

٩ ٣٤ر ٤٠ = ٥٧ر ٤٠ = ١٦٧ × ٣٤ر ٣٩٥

١٩° ٣٢٩ر ٤٠

٠٩٣ر ٤٠

+ ١٩° ١٣٠٣ر ٨٠ الليل عند غروب الشمس

البعد السمتي للشمس عند الغروب :

٩٠° + نصف قطر الشمس + الانكسار الضوئي - اختلاف المنظر

يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١ التقويم الفلكى البحرى صحيفة (١٢)

نصف القطر عند الغروب

١٥	٥٠ر٣٧	١٧ مايو سنة ١٩٣١
١٥	٥٠ر١٨	١٨ مايو سنة ١٩٣١
<hr/>		
١٩		

ساعة

$$١٣٢٢ = \frac{١٦٧ \times ١٩}{٢٤}$$

$$١٥٥٠ر٣٧ - ١٥٥٠ر٢٤ = ٠ر١٣$$

اختلاف المنظر

للمشمس يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١ صحيفة ٥٤ من التقويم الفلكى البحرى

عن سنة ١٩٣١

٨ر٧١	١٧ مايو
٨ر٦٩	١٨ مايو
<hr/>	
٠ر٠٢	

اختلاف المنظر عند الغروب ٨ر٧٠

البعد السمى للمشمس عند الغروب

٩٠° البعد السمى للمشمس

١٥	٥٠ر٢٤ +	نصف القطر للمشمس
٣٦	٢٩ر٠٠ +	الانكسار الضوئى
	٨ر٧٠ -	اختلاف المنظر
<hr/>		

$$٩٠^\circ \text{ البعد السمى للمشمس ساعة الغروب } ١٠ر٥٤$$

	خط العرض	٣٩	٠٤	٣٠°
(٢)	متمم خط العرض	٢٤	٥٥	٥٩°
	الليل	٣٨٠	١٣	١٩°
(٣)	متمم الليل	٢٠	٤٦	٧٠°
<hr/>				
(١)	البعد السمتي	٥٤	٥٢	٩٠°
(٢)	متمم الليل	٢٠	٤٦	٧٠°
(٣)	متمم خط العرض	٢٤	٥٥	٥٩°
		٧٤	٣٤	٢٢١°
	ج	٣٧	٤٧	١١٠°
	متمم الليل	٢٠	٤٦	٧٠°
(ج - متمم الليل)		١٧	٠٠	٤٠°
	ج	٣٧	٤٧	١١٠°
	البعد السمتي	٥٤	٥٢	٩٠°
(ج - البعد السمتي)		٨٣	٥٥	١٩°
	ج	٣٧	٤٧	١١٠°
	متمم خط العرض	٢٠	٤٦	٧٠°
(ج - متمم خط العرض)		٣٧	٥١	٥٠°
	لوجا	١٧	٠٠	٤٠°
	لوجا	٣٧	٥١	٥٠°
		٨٣		

$$\overline{1970.7663} = (110^\circ 27' 15.37) \text{ لوجا}$$

$$\overline{195334.04} = (19^\circ 50' 2.83) \text{ لوجا}$$

$$\underline{190.31067}$$

$$\overline{19697830}$$

$$\underline{190.31067}$$

$$\frac{1}{\text{لوجا}} = 0.1946763 \times \frac{1}{\text{لوجا (الزاوية السويعية)}}$$

$$= 0.9733815 \text{ شرحه}$$

$$\frac{1}{\text{لوجا (الزاوية السويعية)}} = 0.9733815$$

$$\text{قوسيه } 7' 22.8 = 10.2^\circ \text{ الزاوية السويعية}$$

$$\text{ثانية ق ساعة}$$

$$6.50.56.23 \text{ زمنية}$$

$$\text{ثانية ق ساعة}$$

$$6.50.56.23 = \text{الزاوية السويعية}$$

$$3.33.54.1 = \text{الصمود المستقيم}$$

$$10.24.50.623 = \text{الوقت النجمي المحلي}$$

$$- 00.09.05.2 \text{ فرق خط الطول بالوقت}$$

$$8.19.41.623 \text{ وقت غرينتش النجمي للغروب}$$

$$\text{ثانية ق ساعة}$$

$$15.34.55.16 = \text{الوقت النجمي عند الساعة (صفر) عند غرينتش}$$

$$12.01.58.28 = \text{الوقت الوسطى ١٢ ساعة}$$

$$3.36.53.44 \text{ الفترة من الوقت النجمي عند الظهر}$$

ثانية	ق ساعة	وقت غريبتس النجمي
٦٢ ر ٤١	٨ ١٩	وقت غريبتس النجمي
٤٤ ر ٥٣	٣ ٣٦	الفتره من الوقت النجمي
١٨ ر ٤٨	٤ ٤٢	الوقت النجمي لساعة غروب الشمس
٣ ر ٤٦٥	٤ ٤٢	الوقت الوسطى لساعة غروب الشمس
٠٠	٢ ٠٠	إضافة الوقت للحصول على الوقت الأساسى بمصر
٣ ر ٤٦٥	٦ ٤٢	الوقت المحلى الوسطى لوقت غروب الشمس بمصر
	ق ساعة	
٤٦	٦	الوقت المحلى الوسطى لوقت غروب القمر بمصر
وعليه يكون أول محرم سنة ١٣٥٠ بعد الهجرة هو يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١		

مسائل متنوعة تتعلق بالحرارة اليومية للشمس

والأرض أعنى الظلام والنور اليومى

(١) الوقت الذى تستغرقه الشمس فى شروقها عند خط عرض معلوم :-

و = قطر قرص الشمس

و = الزاوية السويية

س = البعد السمتي

م = الميل الفلكي

ع = خط العرض

هـ = عدد الثواني التى تستغرقها الشمس فى فترة الشروق

(٥١٠)

$$\therefore \text{هـ} = \frac{(٥١٠)}{\sqrt{\text{جتا}(ع + م) \text{جتا}(ع - م)}}$$

ومها يحسب عدد الثواني التي تستغرقها الشمس في شروقها .

(٢) طول النهار والليل : -

لو أخذنا $و = ١٥$ ت = الزاوية السويعية القوسية عند شروق الشمس
أو غروبها وكان $م =$ الميل الفلكي . $ع =$ خط العرض .
فعادلة شروق أو غروب الشمس هي .

$$\text{جتا } (و) = - \text{ظا } (م) \text{ ظا } (ع)$$

(ملحوظة) هذا القانون ينطبق أيضاً على النجوم والكواكب الأخرى
غير أنه لما كان ضوء النجوم يمتصه الجو فإنها لا ترى في الشروق إلا عند ما تنصل
إلى ارتفاع يتراوح بين خمس وعشرة درجات فوق الأفق .
وعليه يكون : -

$$\text{طول النهار بالساعات} = \frac{(و)^2}{١٥} = (ت)^2$$

$$\text{طول الليل بالساعات} = \left[\frac{١٨٠ - و}{١٥} \right]^2 = (١٢ - ت)^2$$

(٣) تأثير تغيير الميل أثناء النهار

يحدث تغييراً في طول فترة قبل الظهر المعروفة بالصباح وفترة بعد الظهر
المعروفة بالمساء

فمثلاً لو كان الميل الفلكي للشمس عند الشروق = $م$

والميل الفلكي للشمس عند الغروب = $م + و$

وكانت الزاوية السويعية عند شروق الشمس = $و$

والزاوية السويعية عند غروب الشمس = $و + و$

فالزاوية السويعية في معادلة الشروق السابقة يكون

$$\text{جتا } (و) = - \text{ظا } (م) \text{ ظا } (ع)$$

$$\therefore \text{حا } (و) \text{ و } (و) = \text{قا } (م) \text{ ظا } (ع) \text{ تكامل } (م) \text{ بالتقريب}$$

وعليه

$$\text{و } (و) = \frac{\text{قا } (م) \text{ حا } (ع)}{\sqrt{\text{جتا } (ع) + (م) \text{ جتا } (ع) - (م)}} \times \text{و } (م)$$

عند ما يكون و م موجبا (أى بالزائد) عند انتقال الشمس من المدار الشتوى

الى المدار الصيفى يصير طول ما بعد الظهر أطول منه قبل الظهر بمقدار

$$= \frac{\text{قا } (م) \text{ حا } (ع)}{\sqrt{\text{جتا } (ع) + (م) \text{ جتا } (ع) - (م)}} \times \frac{\text{و } (م)}{10} \text{ ثانية زمنية.}$$

ويقل طول النهار بعد الظهر عن طول النهار قبله بهذا المقدار فى الجزء الباقى

من السنة

(٥) أحوال خاصة للمعادلة

$$\text{جتا } (و) = - \text{ظا } (م) \text{ ظا } (ع)$$

(١) عند ما يكون خط العرض على خط الاستواء فإنه يساوى الصفر وتعبير

$$ع = \text{صفر}$$

$$\text{والمعادلة جتا } (و) = \text{صفر}$$

$$\therefore و = 90^\circ$$

وعليه يكون ٢ ت = ١٢ ساعة مهما تغيرت قيمة الليل (م) أو بمعنى آخر

يستوى الليل والنهار على السواء.

(ب) وفي وقت الاعتدال (م) = صفر

وعليه تصبح المعادلة جتا (و) = صفر . هما تغيرت خطوط المرض فيستوى الليل والنهار في جميع أنحاء الأرض .

(ج) وعند ما يكون الليل = $90^\circ - ع$

فالمعادلة تصبح جتا (و) = $1 - 60 = 180^\circ$ ويكون طول النهار

٢٤ ساعة

(د) وعند ما يكون الميل م = $90^\circ - ع$ جتا (و) = ١

و = صفر فالشمس لا تشرق قط

(هـ) وعند ما يكون الميل $< 90^\circ - ع$

فتصبح (و) كمية خيالية (imaginary) فالشمس والحالة هذه لا

تغيب ولا تشرق بل تبقى فوق الأفق دائماً الخ .

٥ - لايجاد الزاوية السويمة لجرم عند ما يصل الى أقصى ارتفاع

لو كان للميل ثابتاً فأقصى ارتفاع يحدث عند ما يمر الجرم على خط الزوال

أما اذا كان الميل آخذاً في الزيادة فالهبوط للمباشر بعد المرور على خط الزوال يوازنه الصعود في زيادة الميل فيرتفع الفلك عن ما كان عليه من الارتفاع على

خط الزوال

واما اذا كان الميل آخذاً في النقص فأقصى ارتفاع يحدث قبل المرور على خط

الزوال مباشرة

المصطلحات : -

م = الميل على خط الزوال

ص = زيادة الميل الجرمي في كل ساعة بالثواني القوسية من التقويم الفلكي

ز = المقاس القوسى للزيادة في الثانية الزمنية

ب = المماس القوسى عن ١٥

$$٧ = (٦٠) \times ٢ (١٥) \left(\frac{١}{٢} \right)$$

س = البعد السقى عند ٥ فى (ت) ثوان بعد المرور على خط الزوال

ع = خط العرض

فتكون المعادلة هي

$$\text{جتا (س)} = \text{حا (م} + \text{ز} \times \text{ت) حا (ع)}$$

$$+ \text{جتا (م} + \text{ز} \times \text{ت) جتا (ع) جتا (ب} \times \text{ت)}$$

وعند ما تكون (س أقل ما يمكن)

$$\text{فيكون} \frac{\text{و (ت)}}{\text{و (ز)}} = \text{صفر}$$

وتصبح المعادلة

$$\text{ت} = \frac{\text{و} \text{ ع}}{\text{و} \times \text{النسبة التقريبية}} [\text{ظا (ع) - ظا (م)}]$$

الشفق الأبيض. Twilight.

عند ما تغيب الشمس تحت الأفق فلا يهجم الظلام فى الحال وإنما تقى أشعة الشمس بعد للغييب مباشرة النضاء فوقنا بطريق غير مباشر فينعكس الضوء فى الجو ويوزع على جميع أنحاء الأرض بذرات البخار الجوى المعلقة به وتتضاءل كثافة هذا الضوء تدريجياً كما اراد انحطاط الشمس عن الأفق .

والتجارب دلت على أن جزءاً من الضوء المتضائل يصل الى الراصد ما دامت الشمس لم تنحط عن ١٨° تحت الأفق وبمدها يبدأ أن يحل الظلام ومثيل هذا يحدث قبل الشروق وهو الوقت الذى يتبين فيه الخيط الأبيض من الاسود

مدة دوام الشفق الأبيض تختلف باختلاف خط العرض والميل الفلكي

مدة الشفق قصيرة في المناطق الاستوائية لأن الحركة اليومية للشمس رأسية تقريباً وتنخفض الشمس (18°) تحت الأفق بعد الغروب بوقت قصير وتفصل ضوء النهار فترة من الزمن عن الظلام الكامل على خط الاستواء قدرها 72 دقيقة ولكن التأثير الفيسيولوجي يظهر للرأى أن الليل يقع النهار مباشرة .

أما في خطوط العرض القربية من القطب فطريق الشمس مائل على الأفق بحيث يمضى زمن طويل على وقت الغروب قبل ما تنخفض الشمس 18° تحت الأفق وفي منتصف الصيف على خطوط العرض التي تزيد عن $48\frac{1}{2}$ فلا تنخفض الشمس إلى 18° تحت الأفق حتى عند منتصف الليل وبذا ينعدم الليل الحقيقي إيجاد مدة دوام الشفق الأبيض هو عبارة عن إيجاد الوقت التي تستغرقه الشمس لتغيير بعدها السمتي من 90° إلى 108° عند الغروب ومن 108° إلى 90° عند الشروق .

والمعادلة العادية هي

$$\text{جتا } 108^\circ = \text{حا (لليل) حا (خط العرض) } +$$

جتا (لليل) جتا (خط العرض) جتا (الزاوية السويعية) وهذا يعطى الزاوية السويعية (و) عند نهاية الشفق الأبيض .

أما الزاوية السويعية عند الغروب (و) فيمكن إيجادها من المعادلة .

$$\text{جتا (و) } = - \text{ظا (لليل) ظا (خط العرض) . والفرق (و - و) }$$

يعطى مدة دوام الشفق الأبيض .

أحوال خاصة لمعادلة الشفق الأبيض

إذا كان (لليل الفلكي) $< (72^\circ - \text{خط العرض})$

فيكون :

$$(٩٠ - \text{الميل}) > (\text{خط العرض} + ١٨^\circ)$$

ومعنى ذلك :

أن البعد القطبي للشمس $> (\text{خط العرض} + ١٨^\circ)$ وينتج من ذلك أن الشمس في منتصف الليل تكون أقل من ١٨° تحت الأفق وبذا ينعدم الليل الحقيقي مثال ذلك في مدينة كبردج التي خط عرضها $١٣^\circ ٥٢'$ ينعدم الليل عندما يزيد الليل عن $٧٢^\circ - ١٣^\circ ٥٢' = ٥٩^\circ ٤٧'$ شمالا وذلك بين ١٩ مايو و ٢٤ يوليو من كل سنة .

الوقت من السنة الذي فيه الشفق الأبيض على خط عرض معلوم يصل

الى أقصر حد .

المعادلة هي :

جأ (الميل) = — ظأ (٩٠) حأ (خط العرض) وبذا يتعين (الميل) في هذه الحالة وتعين (الميل) يحدد الوقت من السنة الذي فيه تصل مدة الشفق الأبيض الى أقصر حد

ويتعين الوقت من السنة الذي فيه أقصر حد للشفق الأبيض بالمعادلة الآتية

$$\text{حأ (٩٠)} = \text{جتأ (خط العرض)} \text{ حأ } \frac{1}{2} \text{ أقصر مدة للشفق الأبيض}$$

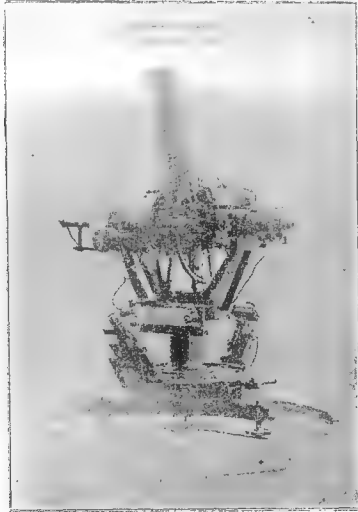
الفصل الحادي عشر

وصف التيودوليت

المستعمل في عمل الفلك والمساحة الدقيقة

« رسولد » بوصة (١٠) التيودوليت الفلكي (الجيوديزي)

نأتي على وصف التيودوليت الفلكي المستعمل في الاعمال الفلكية الدقيقة



والمساحية الدقيقة بالقطر المصري والذي استخضر من محل الخواجات رسولد بهامبرج

وهو يشبه الآلات التي وردت للسير (دافيد جيل) للمساحة الجيوديزية بمستعمرة الكاب وتوجد بيانات تفصيلية عنها في « التقرير عن المساحة الجيوديزية لجنوب افريقيا سنة ١٨٩٤ »

والآلة من طراز تيودوليت الترانزيت منشورى والعينية هي على امتداد حامل واحد ومميزاتها المهمة هي أن الحوامل كبيرة ومقوسة .

وليس التركيب المنشورى نموذجاً من نماذج السكال لرصد الاتجاهات الاقية إلا أنه يجعل التيودوليت المذكور أحسن الآلات كألة عمومية لرصد الوقت وخط العرض والسمت والزوايا الاقية وعلى هذا يتوفر نقل الآت خاصة متعددة كل منها لغرض خاص وهذا من الأهمية بمكان عظيم بالقطار المصرى حيث أن جميع النقاط تقع فى الصحراء وبعضها لا يمكن الوصول اليه ولا بدواب الحل

ولم يوجد بالاختبار أن استعمال المنشور أنتج نتائج أقل من الدقة المرغوبة وعدسة التيودوليت بها مكرومتر له شعرة متحركة واحدة ولها أيضاً خمس شعرات ثابتة منها ثلاث رأسية واثنان أقيتان واحدى الشعرات الرأسية تعين المركز البصرى للنظارة والاثنان الآخرتان على بعد ٩ على كلا الجانبين ويستخدمان لتحديد النطاق اللازم أما الشعرتان الاقيتان فهما على مسافة ٢٠ من بعضهما ويمينا مركز الشعرات الرأسية .

ولرصد الزوايا الرأسية تدار العينية بأكملها فى اتجاه محطات أوضاعها على بعد ٩٠ من بعضها

والدائرة الاقية مقسمة الى مسافات قدرها ٤ وتقرأ بواسطة ميكروسكوبين (١) و (ب) على بعد ١٨٠ من بعضها . وحافة الميكرومتر الميكروسكوبى مقسمة الى ستين قمماً وتحتاج الى دورتين تامتين لتحرك إحدى الشعرات من قسم (٤) على الدائرة الاقية الى القسم الذى يليه وعليه تكون الدورة الواحدة على

المكرومتر عبارة عن ٢ والقسم الواحد عبارة عن ٢
وبكل ميكروسكوب زوجان من الشعر على بعد ٣ من بعضها أى على بعد
٥٠ دورة من بعضها وبها أيضاً مشط لقراءة عدد دورات عجلة الميكرومتر
وتؤخذ القراءة الصحيحة بواسطة زوج الشعرات الايمن على الاقسام التى
على يمين سنة صفر المشط وتؤخذ القراءة الثانية (لبعْد الخلف run) بواسطة
زوج الشعرات الايسر على الاقسام التى على يسار الصفر
وتعين المسافة بين أزواج الشعرات عند كل قطعة بأخذ جملة قراءات على نفس
التقسيم بالتعاقب بأزواج الشعرات التى على اليمين ويمثلها على اليسار .
وتستعمل هذه القيمة لتعيين الخطأ فى بُعد الخلف run لكل ميكروسكوب
فى كل وضع . are

والدائرة الاقية مثبتة على حوامل المنظار وهى تدور مع المنظار (التاسكوب)
بينما يبقى الميكروسكوب ثابتاً واستعمل هذا الجهاز مع التركيب المعروف
بالتليسكوب المضابط لحركته « Watch Telescope » مع ان له ميزة أخرى هى
انارة الدائرة بضوء ثابت الكمية والاتجاه فى سلسلة قراءات لاضاع معينة على
الدائرة على أنه يوجد ضد هذه الليزة علم التمكن من قراءة الميكروسكوب فى
بعض الاوضاع بدون فك التليسكوب ورقعه الى مستو أعلى .

الدائرة الرأسية

مركب بالتيدوليت دائرة رأسية بوصة ٨ تُقرأ بواسطة ميكروسكوبين (ج)
(د) والدائرة مقسمة الى (١٠) كل قسم . والدورة الواحدة لعجلة الميكرومتر تحرك
الشعرات قسماً أى ١٠ والرأس مقسمة الى ٦٠ قسماً بحيث أن الميكروسكوب يقرأ
الى ١٠ مباشرة و١٠ بالتقدير .

ومركب بالآلة نوركهربائى لانارة نطاق المنظور الفلكى وجميع الميكروسكوبات

ولكل ميكروسكوب مفتاح كهربائي خاص بحيث أن قوة البطارية يمكن الاقتصاد فيها عند استعمالها واللمبات في الأصل كان تصميمها بقوة (٤) فولت بصفة خاصة بأنبوبة ذات سلك من الكربون وتستنفذ قدراً كبيراً من التيار لاضائتها وكانت تُغذَّى بالتيار من خزان كهربائي سهل النقل قوته أربعة فولت يحتاج للملئه شهرياً .

وعملت لمبات جديدة ذات كفاءة عظيمة بتوصية خاصة من محل الخواجات (١ . هـ . جنت كريدن) التي تعطي ضوءاً عظيماً وتستهلك ٢٥ ر. أمبير فقط عن كل لمبة وتنازل الآن بواسطة لمبة صغيرة يدوية بحجم بطارية ناشفة قوة ٤ فولت ويمكن نقلها بسهولة أكثر مع ما يوجد معها من اللمبات الاحتياطية دون خوف من تلفها .

وفي زمن ضوء النطاق الفلكي توجد عدسة متحركة حول محور عمودي على المحور البصري لما يمكن تخفيض نور النطاق الفلكي بواسطتها عند ما يكون الشيء المرئي ضئيلاً .

معايرة التيودوليت

١ - عدسة الميكرومتر

عينية عجلة الميكرومتر مقسمة إلى مائة قسم أو ثلثاً لغاية ٠.٠٠١ ر. من الدورة بالتقدير وقيمة الدورة الواحدة لعجلة الميكرومتر عينت بأربع طرق مستقلة .

(١) برصد في أوقات متعددة عدة منصفات للنجم القطبي عند اقصى مدى (أى عند ما ينحرف عن خط الشمال بأكبر زاوية له مع قراءة الدائرة الرأسية وهي مربوطة مع تدوين الوقت

(٢) برصد في أوقات متعددة عدة منصفات للنجم القطبي عند ما تكون

في مروره العلوى والسفلى مع تدوين الوقت وقراءة المائرة الأقمية وهى مبروطة .
 (٣) بقراءات قائمة ميزانية مقسمة وموضوعة على مسافة معلومة من الآلة .
 (٤) بتطبيق نظرية المربعات الصغرى على الأرصاد الخاصة بخط العرض
 والمرصودة بطريقة تالكوت (Talcott) فى عدة محطات جيوديزية .

الطريقة الاولى

برهنت الطريقة الأولى على أنها أقل ضبطاً من الثلاث الطرق ومن المحتمل
 أن يكون ذلك ناشئاً عن الاغلاط المتسببة من الاختلافات التالية فى الانكسار
 الرأسى للضوء أثناء أخذ الأرصاد ويجب أن يفهم أن مصر تقع بالقرب جداً من
 المدارين ولهذا السبب فارتفاع النجم القطبى قليل والانكسار الرأسى لضوئه على
 الدوام كبير ولذا لم تؤخذ إلا أرصاداً قليلة بهذه الطريقة ولم تستعمل .

الطريقة الثانية

أخذ المستر ويد فى خلال شهرين من سنة ١٩١٢ عدة أرصاد للنجم القطبى
 عند ما يكون فى مروره العلوى والسفلى وأجريت الأرصاد فى خمس ليال عند
 ما كان النجم القطبى فى مروره العلوى وخمس ليال فى مروره السفلى
 ومتوسط دورة الميكرومتر دورة واحدة

$$٦٢ ر \pm ١ ر ٠$$

الطريقة الثالثة

اقترح جناب المستر ت. ل. بنت مدير اقليم الحساب تعيين المعامل بواسطة
 استعمال قائمة للميزانية على بعد معلوم ولسرعة وسهولة هذه الطريقة فى إيجاد المعامل
 بكل دقة وامكان تنفيذها فى أى وقت من النهار قد أوردنا شرحها .

أقيم التيودوليت على النقطة الجيوديزية (O) بمحلوان ودق وتد بالأرض على بعد ٢٠٠ مترًا بالجانب البعيد من الوادى ليتلاشى عدم الانتظام من انكسار الضوء بالقرب من الأرض وعينت للمسافة الحقيقية بين التود والنقطة الجيوديزية بواسطة مثلثات من قاعدة طولها ٠.٠٠ متر

ووضعت قامة على التود وقرئت الشعرة للمتحركة على القامة بينما كانت تعين دائرة الميكرومتر في كل دورة كاملة. واخذت عدة قرأت لروح تسوية البعد السمتى عند كل تغيير له في كل مجموعة من القراءات.

وأمكن استخدام هذه الارصاد لتعيين مقادير ميكرومتر المينية وروح تسوية البعد السمتى وفيما يأتى تفاصيل الارصاد بمحلوان وطريقة حسابها :

$$\text{بعد القامة من نقطة (O)} = ١٥٠ \text{ ر } ٢٠٩ \text{ متر}$$

$$\text{الطول البورى للعلسة الشيشية} = ٠ \text{ ر } ٥٠٠$$

تيودوليت ربسول

$$\text{بعد العلسة الشيشية من الحوامل} = ٠ \text{ ر } ٢٥٠$$

$$\text{خطأ تقاسيم القامة} = -٠ \text{ ر } ٥٥ \text{ مليمتري المتر}$$

$$\text{متوسط تعيين ١٢ دورة على القامة} = ١ \text{ ر } ١٠٨٦$$

$$\text{شرحه مصححاً بالنسبة لخطأ القامة} = ٥ \text{ ر } ١٠٨٥$$

$$\text{دورة واحدة (مع استعمال كل قراءة)} = ٩٠ \text{ ر } ٥٠ \pm ٠ \text{ ر } ٢١$$

$$\text{الزاوية المحصورة في دورة واحدة} = ٩٠ \text{ ر } ٥٠ \times (١٠) - ٢$$

$$= [٠ \text{ ر } ٢٥ - ٢٠ \text{ ر } ١٥٠] \text{ جا } ١$$

$$= ٨٩ \text{ ر } ٣٦ \pm ٠ \text{ ر } ٢١$$

وهذه النتيجة يجوزها تصحيح لأيجاد المقادير عند نقطة البورة النجمية

(Stellar focus)

لنفرض ان (u) هي مسافة شبح (Image) القامة من النقطة البورية .

ب = المسافة بين القامة والبورة

$$u \times b = (\text{البعد البورى})^2$$

$$\frac{u}{\text{البعد البورى}} = \frac{\text{البعد البورى}}{b}$$

إذا كانت m_1 معامل الميكرومتر للقامة

م » » للبورة النجمية

$$m = m_1 \left(1 + \frac{b}{\text{البعد البورى}} \right)$$

$$= 89.57 + 0.2$$

واستعملت نفس هذه الطريقة في تعيين آخر بالجيزة وكانت النتيجة كما يأتي

$$m = 89.57 \pm 0.1$$

$$\text{متوسط دورة واحدة} = 89.57 \pm 0.08$$

الطريقة الرابعة

وعين مقدار دورة واحدة للميكرومتر من ارضاد خط العرض الفلكي

لاحدى عشرة نقطة بالرصد ليلتين متتاليتين في كل نقطة .

ووجد المقدار :

$$m = 89.60 \pm 0.3$$

وعليه نتيج من الطرق الثلاث ان

$$٢ - م = ٨٩٦٢ \pm ٠.١$$

$$٣ - م = ٨٩٥٧ \pm ٠.٨$$

$$٤ - م = ٨٩٦٠ \pm ٠.٣$$

واعتبر متوسط مقدار م = ٨٩٦٠

(ب) معاملات الميزان (روح التسوية)

يوجد بتيودوليت الر بسولـ ميزانان قابلان للترك والتبديل مكان بعضهما وهذان الميزانان مرموز لهما بحرفي B ، A فالميزان (B) يستعمل على الدوام كميزان لضبط البعد السمتي وأيضا لروح التسوية (Striding level) عند اللزوم وتعيين المعامل للميزان (B) . أجرى في الأصل ثلاث طرق مختلفة

(١) بقراءة ميكرومتر المينية . ووقت النجم القطبي عند اقصى مدى (Elongation) .

(٢) بقراءة قامة الميزانية عند تعيين معامل الميكرومتر .

(٣) بقراءة ميكرومتر المينية مع ضابط محور المنظار (Collimator) وقد أعطى كل تعيين قيمة مختلفة بصرف النظر عن الطرق التي استخدمت وعللت الاختلافات بأنها من تقلب حرارة روح التسوية نفسها ولما أدخل تأثير الحرارة في الحساب أنتج نتيجة متفقة بالطرق الثلاثة .

واستعملت الطريقة الثالثة في تعيين معادلة معامل روح التسوية بالنسبة لحرارتها وطولها .

وضابط محور المنظار الذي استعمل كان لتيودوليت جيوديزى بوصة ٨ من صنع (تراوتون وسمن) وركب على نفس عامود التيودوليت الر بسولـ بوصة ١٠ وضبط روح تسوية الآلتين وعويث روح تسوية التيودوليت من صناعة

(تراوتون وسمز) ميكرومتر علبة العينية بتيودوليت الربسولة .
 ووجد متوسط القسم الواحد = ٠.١٠ ر. من دورة الميكرومتر وانه بينا
 كانت قراءة روح التسوية بميزان (تراوتون وسمز) منحطة جداً كانت قراءة
 ميكرومتر علبة العينية عالية جداً .

وحفظ على بقاء ميزان روح التسوية (B) المركب بالتيودوليت (ربسولة)
 على ٤٠ قسم في الطول بالخزان المركب بطرفه وقرئت من عشرة الى ١٢ قراءة لكل
 تعيين بتحريك ميزان روح التسوية الى عدة مواقع على امتدادها وقرئ
 روح التسوية لميزان البعد السمتي بتيودوليت « تراوتون وسمز » في كل موقع
 منها ورصدت الحرارة في متوسط كل مجموعة من القراءات
 وفي حساب نتيجة كل تعيين صححت أولاً قراءة الميكرومتر بالنسبة لأي
 اختلاف عن متوسط قراءات روح التسوية بميزان « تراوتون وسمز » ورسمت
 على ورق مربعات القراءات المصححة للميكرومتر على احدى الاحداثيات ووقع
 على الاحداثي الآخر مجموع قراءة العينية والشينية بميزان روح التسوية (B)
 على التيودوليت الربسولة ورسم خط مستقيم يمر في منتصف النقط للرسمومة بقدر
 الامكان

فاذا اعتبرنا r هي قراءات الميكرومتر على هذا الخط بمطابقة لمجموع
 قراءات ضبط فيها قراءة روح التسوية (ر) و (س) فيكون المعامل لروح
 التسوية في درجة حرارة t = L

$$L = \frac{r - r_s}{r - r_s} \times 189.60$$

واستعملت طريقة الرسم البيانية للحساب لأنها بيّنت في الحال ما وجد
 بالقراءات من الخطأ الفاحش . ووجد أن تعيينات المعامل في أي درجة حرارة معلومة

متفقة بحالة جيدة جداً من يوم الى آخر بشرط ترك الآلة وقتاً كافياً لثبوتها ويستلزم ذلك ثلاثة أرباع الساعة على الأقل

والتمييزات التي أجريت عددها خمسون و بدرجات من الحرارة تختلف من ١٠ سنتيجراد الى ٢٢ سنتيجراد ولما رسمت هذه التمييزات أظهرت بالاستنتاج أن معامل ميزان روح التسوية يختلف مع الحرارة وأن هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية بالضبط تقريباً

$$\text{معامل روح التسوية} = ٠.٦٨ + (١٥ - \epsilon) \times ٠.٠٢$$

وأثبتت نتيجة الابحاث التي عملت فيها بعد (١) على أن للعامل كان مستقلاً عن طول روح التسوية (٢) وأن التقاسيم كانت متساوية جداً وروح التسوية مقسم تقسيماً متعادلاً وذات انثناء متساو

(٢) أغلاط الدائرة

ظهر أنه توجد أغلاط كبيرة نسبياً في تقاسيم الدائرة الاقمية وقد عويزت هذه التقاسيم كل ٣٠.٧° ووضعت علامتان على حائط يقعا على ضلعي زاوية قدرها ٣٠.٧° عند نقطة جيوديزية مؤقتة وضعت بمصلحة المساحة لهذا الغرض وقيست هذه الزاوية (٢٨) مرة على اوضاع (أصفار) مختلفة بمقدار ٧.٥ كالآتي

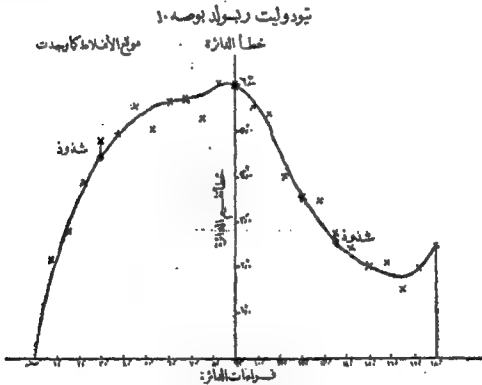
$$\begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} ٧ \text{ قراءات بالادارة على اليمين} \\ \text{الوضع ما بين صفر و } ١٨٠ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{اليسار} \\ \text{» } \\ \text{» } \\ \text{» } \end{array} \\ \left. \begin{array}{l} ٧ \text{ » } \\ \text{الوضع ما بين } ١٨٠ \text{ و } ٣٦٠ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{اليمين} \\ \text{» } \\ \text{» } \\ \text{» } \end{array} \end{array}$$

ومتوسط الـ ٢٨ قراءة أخذ عن كل وضع

وكان الخطأ المحتمل للقراءة الواحدة ± ٠.٦

والخطأ المحتمل لكل وضع معين $\pm 12^\circ$
والزاوية الحقيقية تساوى متوسط الـ ٢٤ قراءة للأوضاع المختلفة
إذا كانت زُر هي الزاوية التي قيسَت من 70° (ر) إلى 70° (ر+١)
فتسكون غلطه التقسيم 70°

$$= \text{مجم} [\text{زُر}] = \frac{1 - \text{مجم} - \text{مجم} \pm 12^\circ}{24} \sqrt{\frac{24 - \text{مجم}}{24}}$$



شكل ٢٠ - افلاط الدائرة الالهية لتيودوليت

ووضعت علامة أخرى على زاوية قائمة 90° مع أحد الأزواج الأخرى
من الاتجاهات وتعين أيضاً الخطأ في التقسيم بين الصفر و 90° وما بين 45° و 135°
وصححت التروقات المختلفة ككتلة واحدة

والاقسام التي عملت عليها التعيينات حققت بالنسبة لعدم انتظامها في التقسيم بواسطة مسافة الخلف run في الميكروسكوب ووقت الاغلاط التي وجدت بعد تصحيحها نهائيا على ورق مربعات كنقطة رُسم بينها منحنى منتظم وقرىء على هذا المنحنى مقدار الخطأ عن كل خمسة درجات وعمل جدول يبين مقدار خطأ القسم باعتبار أن المنحنى خط مستقيم بين كل خمس درجات وهذا الجدول مستعمل في المساحة المصرية الآن في عمل حساب استمارات الزوايا

فهرست الجزء الاول

من مبادئ علم الفلك العملى الحديث

- الفصل الاول - المصطلحات الفلكية
- الفصل الثانى - نظام الاحداثيات السكزية
- الفصل الثالث - العلاقة بين الاحداثيات الفلكية ويشمل المعادلات الفلكية الاساسية
- الفصل الرابع - الوقت أو الزمن فى العرف الفلكى والمدنى
- الفصل الخامس - التقويم النجمى الأمريكى والتقويم البحرى وفهارس النجوم . مجمل عن شكل الارض تعريف خط العرض (الفلكى والجيويدىزى والركزى)
- الفصل السادس - تصحيح الأرصاد . الانكسار الضوئى . اختلاف المنظر . انحراف النور . مبادرة الاعتداليين . الكبو تصحيح اختلاف المنظر
- الفصل السابع - الابراج الفلكية . كيفية تسميتها . درجات النجوم الابراج حول القطب . منطقة البروج وخريطتها الابراج بالمرية والانكليزية . أوقات مرور النجم على خط نصف النهار فى ساعة معينة
- الفصل الثامن - تعيين موقع نجم على الكرة السماوية بقياس ارتفاعه وانحرافه عن خط الشمال فى وقت معين
- الفصل التاسع - أبسط الطرق الفلكية

(١) اتجاه خط الزوال عند الظهر الظاهري بدون آلة رصد

(٢) خط الزوال أو خط الشمال بدون التقويم الفلكي
البحري وبدون آلة رصد

(٣) خط الشمال بواسطة النجم القطبي من برج الدب
الأصفر (وميزار) ومن يرج الدب الأكبر (بدون
آلة رصد)

(٤) الوقت المحلي من ظل شاخص رأسى

(٥) خط الطول من الشمس واللاسلكي

(٦) خط العرض من الشمس على خط الزوال (المستعملة
في الملاحة)

(٧) جداول انحراف الشمس عن البحري عند غروبها
أو شروقها

الفصل العاشر — مواقيت الصلاة مجمل عن حسابها . جداول غروب

الشمس والقمر وشروقهما . حسابهما الدقيق لتعيين

أوائل الشهور العربية . مسائل متنوعة تتعلق بالحركة

اليومية للشمس والارض أعني « الظلام والنور »

اليومي

الفصل الحادى عشر — التهودوليت (الجيوديزى الفلكى) المستعمل في

الاعمال الفلكية الدقيقة في أعمال المساحة المصرية

« تم بحونه تعالى الجزء الاول »

Tables of Declinations of Sun in a Leap year and the
(3) Consecutive years after at Greenwich Apparent Noon (Ibadi)

تجهزت الاربع جداول عن ميول الشمس عند ظهر غرينويتش
إظهارى عن .

(١) السنة الكبيسة

(٢) السنة الاولى بعد السنة الكبيسة

(٣) السنة الثانية بعد السنة الكبيسة

(٤) السنة الثالثة بعد السنة الكبيسة

والارقام المدونة به هي ميول الشمس بالدرج والكسر والاعشارى
من الدرج عن اليوم فى السنة اعنى بدقة ($\frac{1}{60}^{\circ}$) من الدرجة القوسية واذا
كان المطلوب اكثر دقة فعليك بالتقويم النجمى البحرى Nautical
Almanac الانكليزى أو الامريكى أو الفرنسى الخ - والفرض من هذه
الجداول استعمالها مع الرسم البيانى لايجاد خط الشمال من الشمس طبقاً
طريقة (عبادى) انظر ~~الصفحة السابعة~~ من مجلة الهندسة ما يوسنة ١٩٣١ وهذا
يكفى للدقة المطلوبة للملاحة ولايجاد القبلة للصلاة والمستكشف
كيفية الاستدلال عن السنة الكبيسة أو ماتليها:

اقسم السنة الافرجية على (٤) اربعة فان كان الناتج صفراً فهى كبيسة
ان كان الباقي واحد فهى السنة الاولى بعد الكبيسة وان كان الباقي اثنين
فهى السنة الثانية بعد الكبيسة وان كان الباقي ثلاثة فهى السنة الثالثة
بعد الكبيسة . مثال ذلك $\frac{١٩٣١}{4} = ٤٨٢$ والباقي (٣)

فهى السنة الثالثة بعد الكبيسة فتؤخذ معلومات الميل من الكشف
الرابع (٤) اعلاه

١ — جدول ميول الشمس في السنة الكبيسة عند

يونيو	مايو	أبريل	مارس	فبراير	يناير	الرقم
٢٢,١	١٥,١	٤,٥	٧,٦ —	١٧,٤ —	٢٣,١ —	١
٢٢,٢	١٥,٤	٤,٩	٧,٢ —	١٧,١ —	٢٣,٥ —	٢
٢٢,٣	١٥,٧	٥,٣	٦,٨ —	١٦,٨ —	٢٢,٩ —	٣
٢٢,٤	١٦,٠	٥,٧	٦,٤ —	١٦,٥ —	٢٢,٨ —	٤
٢٢,٥	١٦,٢	٦,١	٦,١ —	١٦,٢ —	٢٢,٧ —	٥
٢٢,٦	١٦,٥	٦,٤	٥,٧ —	١٥,٩ —	٢٢,٦ —	٦
٢٢,٧	١٦,٨	٦,٨	٥,٣ —	١٥,٦ —	٢٢,٥ —	٧
٢٢,٨	١٧,١	٧,٢	٤,٩ —	١٥,٣ —	٢٢,٤ —	٨
٢٢,٩	١٧,٣	٧,٦	٤,٥ —	١٥,٠ —	٢٢,٢ —	٩
٢٢,٥	١٧,٦	٧,٩	٤,١ —	١٤,٧ —	٢٢,١ —	١٠
٢٣,١	١٧,٩	٨,٣	٣,٧ —	١٤,٣ —	٢٢,٥ —	١١
٢٣,٢	١٨,١	٨,٧	٣,٣ —	١٤,٠ —	٢١,٨ —	١٢
٢٣,٢	١٨,٤	٩,٠	٢,٩ —	١٣,٧ —	٢١,٦ —	١٣
٢٣,٣	١٨,٦	٩,٤	٢,٥ —	١٣,٤ —	٢١,٥ —	١٤
٢٣,٣	١٨,٩	٩,٨	٢,١ —	١٣,٠ —	٢١,٣ —	١٥
٢٣,٤	١٩,١	١٠,١	١,٧ —	١٢,٧ —	٢١,١ —	١٦
٢٣,٤	١٩,٣	١٠,٥	١,٣ —	١٢,٣ —	٢٠,٩ —	١٧
٢٣,٤	١٩,٥	١٠,٨	١,٠ —	١٢,٠ —	٢٠,٧ —	١٨
٢٣,٤	١٩,٨	١١,٢	٠,٦ —	١١,٦ —	٢٠,٥ —	١٩
٢٣,٤	٢٠,٠	١١,٥	٠,٢ —	١١,٣ —	٢٠,٣ —	٢٠
٢٣,٤	٢٠,٢	١١,٩	٠,٢	١٠,٩ —	٢٠,١ —	٢١
٢٣,٤	٢٠,٤	١٢,٢	٠,٦	١٠,٦ —	١٩,٩ —	٢٢
٢٣,٤	٢٠,٦	١٢,٥	١,٠	١٠,٢ —	١٩,٧ —	٢٣
٢٣,٤	٢٠,٨	١٢,٩	١,٤	٩,٨ —	١٩,٤ —	٢٤
٢٣,٤	٢٠,٩	١٣,٢	١,٨	٩,٥ —	١٩,٢ —	٢٥
٢٣,٤	٢١,١	١٣,٥	٢,٢	٩,١ —	١٩,٠ —	٢٦
٢٣,٣	٢١,٣	١٣,٨	٢,٦	٨,٧ —	١٨,٧ —	٢٧
٢٣,٣	٢١,٥	١٤,١	٣,٠	٨,٣ —	١٨,٥ —	٢٨
٢٣,٢	٢١,٦	١٤,٥	٣,٤	٨,٠ —	١٨,٢ —	٢٩
٢٣,٢	٢١,٨	١٤,٨	٣,٨		١٧,٩ —	٣٠
—	٢١,٩	—	٤,١		١٧,٧ —	٣١

الظاهر الظاهري عند غرينوتش (Greenwich) - ١

ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اغسطس	يوليو
٢١,٨ -	١١,٤ -	٣,٢ -	٨,٣	١٨,٠	٢٣,١
٢٢,٠ -	١٤,٧ -	٣,٦ -	٧,٩	١٧,٨	٢٣,١
٢٢,١ -	١٥,١ -	٣,٩ -	٧,٦	١٧,٥	٢٣,٠
٢٢,٢ -	١٥,٤ -	٤,٣ -	٧,٢	١٧,٣	٢٢,٩
٢٢,٤ -	١٥,٧ -	٤,٧ -	٦,٨	١٧,٠	٢٢,٨
٢٢,٥ -	١٦,٠ -	٥,١ -	٦,٥	١٦,٧	٢٢,٧
٢٢,٦ -	١٦,٣ -	٥,٥ -	٦,١	١٦,٤	٢٢,٦
٢٢,٧ -	١٦,٦ -	٥,٩ -	٥,٧	١٦,٢	٢٢,٥
٢٢,٨ -	١٦,٩ -	٦,٢ -	٥,٣	١٥,٩	٢٢,٤
٢٢,٩ -	١٧,١ -	٦,٦ -	٥,٠	١٥,٦	٢٢,٣
٢٣,٠ -	١٧,٤ -	٧,٠ -	٤,٦	١٥,٣	٢٢,١
٢٣,١ -	١٧,٧ -	٧,٤ -	٤,٢	١٥,٠	٢٢,٠
٢٣,٢ -	١٨,٠ -	٧,٨ -	٣,٨	١٤,٧	٢١,٨
٢٣,٢ -	١٨,٢ -	٨,١ -	٣,٤	١٤,٤	٢١,٧
٢٣,٣ -	١٨,٥ -	٨,٥ -	٣,٠	١٤,١	٢١,٥
٢٣,٣ -	١٨,٧ -	٨,٩ -	٢,٧	١٣,٨	٢١,٤
٢٣,٤ -	١٩,٠ -	٩,٢ -	٢,٣	١٣,٤	٢١,٢
٢٣,٤ -	١٩,٢ -	٩,٦ -	١,٩	١٣,١	٢١,٠
٢٣,٤ -	١٩,٥ -	١٠,٠ -	١,٥	١٢,٨	٢٠,٩
٢٣,٤ -	١٩,٧ -	١٠,٣ -	١,١	١٢,٥	٢٠,٧
٢٣,٤ -	١٩,٩ -	١٠,٧ -	٠,٧	١٢,١	٢٠,٥
٢٣,٤ -	٢٠,١ -	١١,٠ -	٠,٣ -	١١,٨	٢٠,٣
٢٣,٤ -	٢٠,٣ -	١١,٤ -	٠,١ -	١١,٥	٢٠,١
٢٣,٤ -	٢٠,٦ -	١١,٧ -	٠,٤ -	١١,١	١٩,٩
٢٣,٤ -	٢٠,٧ -	١٢,١ -	٠,٨ -	١٠,٨	١٩,٧
٢٣,٤ -	٢٠,٩ -	١٢,٤ -	١,٢ -	١٠,٤	١٩,٥
٢٣,٣ -	٢١,١ -	١٢,٨ -	١,٦ -	١٠,١	١٩,٢
٢٣,٣ -	٢١,٣ -	١٣,١ -	٢,٠ -	٩,٧	١٩,٠
٢٣,٢ -	٢١,٥ -	١٣,٤ -	٢,٤ -	٩,٤	١٨,٨
٢٣,١ -	٢١,٦ -	١٣,٨ -	٢,٨ -	٩,٠	١٨,٥
٢٣,٢ -	-	١٤,١ -	-	٨,٧	١٨,٣

٢ — جدول ميول الشمس في سنة بعد السنة الكبيسة

يونيو	مايو	ابريل	مارس	فبراير	يناير	رقم
٢٢,٠	١٥,٠	٤,٤	٧,٧ —	١٧,٢ —	٢٣,٠ —	١
٢٢,٢	١٥,٣	٤,٨	٧,٣ —	١٦,٩ —	٢٢,٩ —	٢
٢٢,٣	١٥,٦	٥,٢	٦,٩ —	١٦,٦ —	٢٢,٩ —	٣
٢٢,٤	١٥,٩	٥,٦	٦,٥ —	١٦,٣ —	٢٢,٨ —	٤
٢٢,٥	١٦,٢	٦,٠	٦,١ —	١٦,٠ —	٢٢,٦ —	٥
٢٢,٦	١٦,٥	٦,٤	٥,٨ —	١٥,٧ —	٢٢,٥ —	٦
٢٢,٧	١٦,٧	٦,٧	٥,٤ —	١٥,٤ —	٢٢,٤ —	٧
٢٢,٨	١٧,٠	٧,١	٥,٠ —	١٥,١ —	٢٢,٣ —	٨
٢٢,٩	١٧,٣	٧,٥	٤,٦ —	١٤,٧ —	٢٢,١ —	٩
٢٣,٠	١٧,٦	٧,٨	٤,٢ —	١٤,٤ —	٢٢,٠ —	١٠
٢٣,١	١٧,٨	٨,٢	٣,٨ —	١٤,١ —	٢١,٨ —	١١
٢٣,١	١٨,١	٨,٦	٣,٤ —	١٣,٨ —	٢١,٧ —	١٢
٢٣,٢	١٨,٣	٨,٩	٣,٠ —	١٣,٤ —	٢١,٥ —	١٣
٢٣,٣	١٨,٦	٩,٣	٢,٦ —	١٣,١ —	٢١,٣ —	١٤
٢٣,٣	١٨,٨	٩,٧	٢,٢ —	١٢,٨ —	٢١,٢ —	١٥
٢٣,٣	١٩,٠	١٠,٠	١,٨ —	١٢,٤ —	٢١,٠ —	١٦
٢٣,٤	١٩,٣	١٠,٤	١,٤ —	١٢,١ —	٢٠,٨ —	١٧
٢٣,٤	١٩,٥	١٠,٧	١,٠ —	١١,٧ —	٢٠,٦ —	١٨
٢٣,٤	١٩,٧	١١,١	٠,٧ —	١١,٤ —	٢٠,٤ —	١٩
٢٣,٤	١٩,٩	١١,٤	٠,٣ —	١١,٠ —	٢٠,٢ —	٢٠
٢٣,٤	٢٠,١	١١,٨	٠,١ —	١٠,٦ —	٢٠,٠ —	٢١
٢٣,٤	٢٠,٣	١٢,١	٠,٥	١٠,٣ —	١٩,٧ —	٢٢
٢٣,٤	٢٠,٥	١٢,٤	٠,٩	٩,٩ —	١٩,٥ —	٢٣
٢٣,٤	٢٠,٧	١٢,٨	١,٣	٩,٥ —	١٩,٣ —	٢٤
٢٣,٤	٢٠,٩	١٣,١	١,٧	٩,٢ —	١٩,٠ —	٢٥
٢٣,٤	٢١,١	١٣,٤	٢,١	٨,٨ —	١٨,٨ —	٢٦
٢٣,٣	٢١,٣	١٣,٧	٢,٥	٨,٤ —	١٨,٥ —	٢٧
٢٣,٣	٢١,٤	١٤,١	٢,٩	٨,١ —	١٨,٣ —	٢٨
٢٣,٣	٢١,٦	١٤,٤	٣,٣		١٨,٠ —	٢٩
٢٣,٢	٢١,٧	١٤,٧	٣,٧		١٧,٧ —	٣٠
	٢١,٩	—	٤,١		١٧,٤ —	٣١

عند الظهر الظاهري عند جرينوتش - ٢

يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
٢٣,١	١٨,١	٨,٤	٣,١	١٤,٣	٢١,٨
٢٣,١	١٧,٨	٨,٠	٣,٥	١٤,٧	٢١,٩
٢٣,٠	١٧,٦	٨,٧	٣,٩	١٥,٠	٢٢,١
٢٢,٩	١٧,٣	٧,٣	٤,٢	١٥,٣	٢٢,٢
٢٢,٨	١٧,١	٦,٩	٤,٦	١٥,٦	٢٢,٣
٢٢,٧	١٦,٨	٦,٦	٥,٠	١٥,٩	٢٢,٥
٢٢,٦	١٦,٥	٦,٢	٥,٤	١٦,٢	٢٢,٦
٢٢,٥	١٦,٢	٥,٨	٥,٨	١٦,٥	٢٢,٧
٢٢,٤	١٥,٩	٥,٤	٦,٢	١٦,٨	٢٢,٨
٢٢,٣	١٥,٧	٥,١	٦,٥	١٧,١	٢٢,٩
٢٢,٢	١٥,٤	٤,٧	٦,٩	١٧,٤	٢٣,٠
٢٢,٠	١٥,١	٤,٣	٧,٣	١٧,٦	٢٣,١
٢١,٩	١٤,٨	٣,٩	٧,٧	١٧,٩	٢٣,١
٢١,٧	١٤,٥	٣,٥	٨,٠	١٨,٢	٢٣,٢
٢١,٦	١٤,٢	٣,١	٨,٤	١٨,٤	٢٣,٣
٢١,٤	١٣,٨	٢,٨	٨,٨	١٨,٧	٢٣,٣
٢١,٣	١٣,٥	٢,٤	٩,٢	١٨,٩	٢٣,٤
٢١,١	١٣,٢	٢,٠	٩,٥	١٩,٢	٢٣,٤
٢٠,٩	١٢,٩	١,٦	٩,٩	١٩,٤	٢٣,٤
٢٠,٧	١٢,٥	١,٢	١٠,٢	١٩,٦	٢٣,٤
٢٠,٥	١٢,٢	٠,٨	١٠,٦	١٩,٩	٢٣,٤
٢٠,٣	١١,٩	٠,٤	١١,٠	٢٠,١	٢٣,٤
٢٠,١	١١,٥	٠,٠	١١,٣	٢٠,٣	٢٣,٤
١٩,٩	١١,٢	٠,٣	١١,٧	٢٠,٥	٢٣,٤
١٩,٧	١٠,٩	٠,٧	١٢,٠	٢٠,٧	٢٣,٤
١٩,٥	١٠,٥	١,١	١٢,٤	٢٠,٩	٢٣,٤
١٩,٣	١٠,٢	١,٥	١٢,٧	٢١,١	٢٣,٣
١٩,١	٩,٨	١,٩	١٣,٠	٢١,٣	٢٣,٣
١٨,٨	٩,٥	٢,٣	١٣,٤	٢١,٤	٢٣,٢
١٨,٦	٩,١	٢,٧	١٣,٧	٢١,٦	٢٣,٢
١٨,٣	٨,٨	—	١٤,٠	—	٢٣,١

٣ — جدول ميول الشمس بعد السنة الكبيسة بستين

يونيو	مايو	ابريل	مارس	فبراير	يناير	رقم
٢٢,٠	١٤,٩	٤,٣	٧,٨ —	١٧,٢ —	٢٣,٠ —	١
٢٢,١	١٥,٢	٤,٧	٧,٤ —	١٦,٩ —	٢٣,٠ —	٢
٢٢,٣	١٥,٥	٥,١	٧,٠ —	١٦,٧ —	٢٢,٩ —	٣
٢٢,٤	١٥,٨	٥,٥	٦,٦ —	١٦,٤ —	٢٢,٨ —	٤
٢٢,٥	١٦,١	٥,٩	٦,٢ —	١٦,١ —	٢٢,٧ —	٥
٢٢,٦	١٦,٤	٦,٣	٥,٩ —	١٥,٨ —	٢٢,٦ —	٦
٢٢,٧	١٦,٧	٦,٦	٥,٥ —	١٥,٥ —	٢٢,٤ —	٧
٢٢,٨	١٦,٩	٧,٠	٥,١ —	١٥,١ —	٢٢,٣ —	٨
٢٢,٩	١٧,٢	٧,٤	٤,٧ —	١٤,٨ —	٢٢,٢ —	٩
٢٣,٠	١٧,٥	٧,٨	٤,٣ —	١٤,٥ —	٢٢,٠ —	١٠
٢٣,١	١٧,٧	٨,١	٣,٩ —	١٣,٢ —	٢١,٩ —	١١
٢٣,١	١٨,٠	٨,٥	٣,٥ —	١٣,٨ —	٢١,٧ —	١٢
٢٣,٢	١٨,٣	٨,٩	٣,١ —	١٣,٥ —	٢١,٦ —	١٣
٢٣,٢	١٨,٥	٩,٢	٢,٧ —	١٣,٢ —	٢١,٤ —	١٤
٢٣,٣	١٨,٧	٩,٦	٢,٣ —	١٢,٨ —	٢١,٢ —	١٥
٢٣,٣	١٨,٩	٩,٩	١,٩ —	١٢,٥ —	٢١,٠ —	١٦
٢٣,٤	١٩,٢	١٠,٣	١,٥ —	١٢,١ —	٢٠,٨ —	١٧
٢٣,٤	١٩,٤	١٠,٦	١,١ —	١١,٨ —	٢٠,٦ —	١٨
٢٣,٤	١٩,٧	١١,٠	٠,٨ —	١١,٤ —	٢٠,٤ —	١٩
٢٣,٤	١٩,٩	١١,٣	٠,٤ —	١١,١ —	٢٠,٢ —	٢٠
٢٣,٤	٢٠,١	١١,٧	٠,٠ —	١٠,٧ —	٢٠,٠ —	٢١
٢٣,٤	٢٠,٣	١٢,٠	٠,٤ —	١٠,٤ —	١٩,٨ —	٢٢
٢٣,٤	٢٠,٥	١٢,٤	٠,٨ —	١٠,٠ —	١٩,٦ —	٢٣
٢٣,٤	٢٠,٧	١٢,٧	١,٢ —	٩,٦ —	١٩,٣ —	٢٤
٢٣,٤	٢٠,٩	١٣,٠	١,٦ —	٩,٣ —	١٩,١ —	٢٥
٢٣,٤	٢١,٠	١٣,٣	٢,٠ —	٨,٩ —	١٨,٨ —	٢٦
٢٣,٤	٢١,٢	١٣,٧	٢,٤ —	٨,٥ —	١٨,٦ —	٢٧
٢٣,٣	٢١,٤	١٤,٠	٢,٨ —	٨,١ —	١٨,٣ —	٢٨
٢٣,٣	٢١,٥	١٤,٣	٣,٢ —		١٨,١ —	٢٩
٢٣,٢	٢١,٧	١٤,٦	٣,٦ —		١٧,٨ —	٣٠
—	٢١,٨		٤,٠ —		١٧,٥ —	٣١

عند الظهر الظاهري عند جرينوتش - ٣

ديسمبر	نوفمبر	أكتوبر	سبتمبر	أغسطس	يوليو
٢١,٧ -	١٤,٣ -	٣,٥ -	٨,٥	١٨,٢	٢٣,٢
٢١,٩ -	١٤,٦ -	٣,٤ -	٨,١	١٧,٩	٢٣,١
٢٢,٥ -	١٤,٩ -	٣,٨ -	٧,٨	١٧,٧	٢٣,٥
٢٢,٢ -	١٥,٢ -	٤,١ -	٧,٤	١٧,٤	٢٢,٩
٢٢,٣ -	١٥,٥ -	٤,٥ -	٧,٥	١٧,١	٢٢,٨
٢٢,٤ -	١٥,٨ -	٤,٩ -	٦,٦	١٦,٩	٢٢,٨
٢٢,٦ -	١٦,١ -	٥,٣ -	٦,٣	١٦,٦	٢٢,٧
٢٢,٧ -	١٦,٤ -	٥,٧ -	٥,٩	١٦,٣	٢٢,٥
٢٢,٨ -	١٦,٧ -	٦,١ -	٥,٥	١٦,٥	٢٢,٤
٢٢,٩ -	١٧,٥ -	٦,٤ -	٥,١	١٥,٧	٢٢,٣
٢٣,٥ -	١٧,٣ -	٦,٨ -	٤,٨	١٥,٤	٢٢,٢
٢٣,٥ -	١٧,٦ -	٧,٢ -	٤,٤	١٥,١	٢٢,١
٢٣,١ -	١٧,٨ -	٧,٦ -	٤,٥	١٤,٨	٢١,٩
٢٣,٢ -	١٨,١ -	٨,٥ -	٣,٦	١٤,٥	٢١,٨
٢٣,٢ -	١٨,٤ -	٨,٣ -	٣,٢	١٤,٢	٢١,٦
٢٣,٣ -	١٨,٦ -	٨,٧ -	٢,٩	١٣,٩	٢١,٥
٢٣,٣ -	١٨,٩ -	٩,١ -	٢,٥	١٣,٦	٢١,٣
٢٣,٤ -	١٩,١ -	٩,٤ -	٢,١	١٣,٣	٢١,١
٢٣,٤ -	١٩,٣ -	٩,٨ -	١,٧	١٣,٥	٢١,٥
٢٣,٤ -	١٩,٦ -	١٥,٢ -	١,٣	١٢,٦	٢٠,٨
٢٣,٤ -	١٩,٨ -	١٥,٥ -	٥,٩	١٢,٣	٢٥,٦
٢٣,٤ -	٢٥,٥ -	١٥,٩ -	٥,٥	١٢,٥	٢٥,٤
٢٣,٤ -	٢٥,٢ -	١١,٢ -	٥,١ -	١١,٦	٢٥,٢
٢٣,٤ -	٢٥,٥ -	١١,٦ -	٥,٣ -	١١,٣	٢٥,٥
٢٣,٤ -	٢٥,٧ -	١١,٩ -	٥,٦ -	١٥,٩	١٩,٨
٢٣,٤ -	٢٥,٩ -	١٢,٣ -	١,٥ -	١٥,٦	١٩,٦
٢٣,٤ -	٢١,٥ -	١٢,٦ -	١,٤ -	١٥,٣	١٩,٣
٢٣,٣ -	٢١,٢ -	١٢,٩ -	١,٨ -	٩,٩	١٩,١
٢٣,٣ -	٢١,٤ -	١٣,٣ -	٢,٢ -	٩,٦	١٨,٩
٢٣,٢ -	٢١,٦ -	١٣,٦ -	٢,٦ -	٩,٢	١٨,٦
٢٣,١ -	-	١٣,٩ -	-	٨,٨	١٨,٤

٤. جدول ميلول الشمس بعد السنة الكبيسة بثلاث سنوات

يوليو	مايو	أبريل	مارس	فبراير	يناير	رقم
٢٢,٠	١٤,٨	٤,٣	٧,٩ —	١٧,٣ —	٢٣,١ —	١
٢٢,١	١٥,١	٤,٦	٧,٥ —	١٧,٠ —	٢٣,٠ —	٢
٢٢,٢	١٥,٤	٥,٠	٧,١ —	١٦,٧ —	٢٢,٩ —	٣
٢٢,٣	١٥,٧	٥,٤	٦,٧ —	١٦,٤ —	٢٢,٨ —	٤
٢٢,٥	١٦,٠	٥,٨	٦,٣ —	١٦,١ —	٢٢,٧ —	٥
٢٢,٦	١٦,٣	٦,٢	٥,٩ —	١٥,٨ —	٢٢,٦ —	٦
٢٢,٧	١٦,٦	٦,٥	٥,٦ —	١٥,٥ —	٢٢,٥ —	٧
٢٢,٨	١٦,٩	٦,٩	٥,٢ —	١٥,٢ —	٢٢,٣ —	٨
٢٢,٩	١٧,٢	٧,٣	٤,٨ —	١٤,٩ —	٢٢,٠ —	٩
٢٣,٠	١٧,٤	٧,٧	٤,٤ —	١٤,٦ —	٢٢,١ —	١٠
٢٣,٠	١٧,٧	٨,٠	٤,٠ —	١٤,٣ —	٢١,٩ —	١١
٢٣,١	١٧,٩	٨,٤	٣,٦ —	١٣,٩ —	٢١,٨ —	١٢
٢٣,٢	١٨,٢	٨,٨	٣,٢ —	١٣,٦ —	٢١,٦ —	١٣
٢٣,٢	١٨,٤	٩,١	٢,٨ —	١٣,٣ —	٢١,٤ —	١٤
٢٣,٣	١٨,٧	٩,٥	٢,٤ —	١٢,٩ —	٢١,٣ —	١٥
٢٣,٣	١٨,٩	٩,٩	٢,٠ —	١٢,٦ —	٢١,١ —	١٦
٢٣,٤	١٩,٢	١٠,٢	١,٦ —	١٢,٢ —	٢٠,٩ —	١٧
٢٣,٤	١٩,٤	١٠,٦	١,٢ —	١١,٩ —	٢٠,٧ —	١٨
٢٣,٤	١٩,٦	١٠,٩	٠,٨ —	١١,٥ —	٢٠,٥ —	١٩
٢٣,٤	١٩,٨	١١,٣	٠,٥ —	١١,٢ —	٢٠,٣ —	٢٠
٢٣,٤	٢٠,٠	١١,٦	٠,١	١٠,٨ —	٢٠,١ —	٢١
٢٣,٤	٢٠,٢	١١,٩	٠,٣	١٠,٥ —	١٩,٨ —	٢٢
٢٣,٤	٢٠,٤	١٢,٣	٠,٧	١٠,١ —	١٩,٦ —	٢٣
٢٣,٤	٢٠,٦	١٢,٦	١,١	٩,٧ —	١٩,٤ —	٢٤
٢٣,٤	٢٠,٨	١٢,٩	١,٥	٩,٤ —	١٩,١ —	٢٥
٢٣,٤	٢١,٠	١٣,٣	١,٩	٩,٠ —	١٨,٩ —	٢٦
٢٣,٤	٢١,٢	١٣,٦	٢,٣	٨,٦ —	١٨,٦ —	٢٧
٢٣,٣	٢١,٣	١٣,٩	٢,٧	٨,٢ —	١٨,٤ —	٢٨
٢٣,٣	٢١,٥	١٤,٣	٣,١		١٨,١ —	٢٩
٢٣,٢	٢١,٧	١٤,٥	٣,٥		١٧,٩ —	٣٠
	٢١,٨		٣,٩		١٧,٦ —	٣١

سد الظهر الظاهري عند غرينوتش - ٤

يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
٢٣,٢	١٨,٢	٨,٦	٢,٩ -	١٤,٢ -	٢١,٧ -
٢٣,١	١٨,٠	٨,٢	٣,٣ -	١٤,٥ -	٢١,٨ -
٢٣,٠	١٧,٧	٧,٨	٣,٧ -	١٤,٨ -	٢٢,٠ -
٢٣,٠	١٧,٥	٧,٥	٤,٠ -	١٥,١ -	٢٢,١ -
٢٢,٩	١٧,٢	٧,١	٤,٤ -	١٥,٥ -	٢٢,٣ -
٢٢,٨	١٦,٩	٦,٧	٤,٨ -	١٥,٨ -	٢٢,٤ -
٢٢,٧	١٦,٦	٦,٤	٥,٢ -	١٦,١ -	٢٢,٥ -
٢٢,٦	١٦,٤	٦,٠	٥,٦ -	١٦,٤ -	٢٢,٦ -
٢٢,٥	١٦,١	٥,٦	٦,٠ -	١٦,٦ -	٢٢,٨ -
٢٢,٣	١٥,٨	٥,٢	٦,٤ -	١٦,٩ -	٢٢,٨ -
٢٢,٢	١٥,٥	٤,٩	٦,٧ -	١٧,٢ -	٢٢,٩ -
٢٢,١	١٥,٢	٤,٥	٧,١ -	١٧,٥ -	٢٣,٠ -
٢١,٩	١٤,٩	٤,١	٧,٥ -	١٧,٨ -	٢٣,١ -
٢١,٨	١٤,٦	٣,٧	٧,٩ -	١٨,٠ -	٢٣,٢ -
٢١,٧	١٤,٣	٣,٣	٨,٢ -	١٨,٣ -	٢٣,٣ -
٢١,٥	١٤,٠	٢,٩	٨,٦ -	١٨,٦ -	٢٣,٣ -
٢١,٣	١٣,٧	٢,٦	٩,٠ -	١٨,٨ -	٢٣,٣ -
٢١,٢	١٣,٤	٢,٢	٩,٣ -	١٩,٠ -	٢٣,٤ -
٢١,٠	١٣,٠	١,٨	٩,٧ -	١٩,٣ -	٢٣,٤ -
٢٠,٨	١٢,٧	١,٤	١٠,١ -	١٩,٥ -	٢٣,٤ -
٢٠,٦	١٢,٤	١,٠	١٠,٤ -	١٩,٨ -	٢٣,٤ -
٢٠,٤	١٢,٠	٠,٦	١٠,٨ -	٢٠,٠ -	٢٣,٤ -
٢٠,٢	١١,٧	٠,٢ -	١١,١ -	٢٠,٢ -	٢٣,٤ -
٢٠,٠	١١,٤	٠,٢ -	١١,٥ -	٢٠,٤ -	٢٣,٤ -
١٩,٨	١١,٠	٠,٥ -	١١,٨ -	٢٠,٦ -	٢٣,٤ -
١٩,٦	١٠,٧	٠,٩ -	١٢,٢ -	٢٠,٨ -	٢٣,٤ -
١٩,٤	١٠,٣	١,٣ -	١٢,٥ -	٢١,٠ -	٢٣,٤ -
١٩,٢	١٠,١	١,٧ -	١٢,٩ -	٢١,٢ -	٢٣,٣ -
١٨,٩	٩,٦	٢,١ -	١٣,٢ -	٢١,٤ -	٢٣,٣ -
١٨,٧	٩,٣	٢,٥ -	١٣,٥ -	٢١,٥ -	٢٣,٢ -
١٨,٥	٨,٩	×	١٣,٩ -	+	٢٣,٢ -

Logo of the Bibliotheca Alexandrina, featuring a stylized 'A' and the text 'Bibliotheca Alexandrina'.

0278021

